

УДК 622.457.2

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ВЕНТИЛЯТОРА И УСТАНОВКИ ДИСТАНЦИОННОЙ ПРОКЛАДКИ ГИБКОГО ТРУБОПРОВОДА

к.т.н. Сухоруков В.П. (ИФГП НАНУ)

Rozgljnuti umovi stійkoї robotи ВМП з установкою дистанційної прокладки трубопроводу та визначити залежність для розрахунку площі вікна регулятора

JOINT OPERATION OF FORCED-DRAUGHT FAN WITH THE SYSTEM OF REMOTE LAYING OF FLEXIBLE PIPELINE

Suhoruckov V.P.

Conditions for stable ventilator operation with system of remote pipelaying are considered and a dependence to calculate the area of control unit window has been determined

Для осуществления технологии дистанционного прокладывания гибкого трубопровода по наклонным горным выработкам необходимо создать условия, при которых ВМП будет устойчиво работать на его аэродинамической характеристике. Это вызвано тем, что с ростом длины дистанционно прокладываемого трубопровода масса транспортируемой не вывернутой его части увеличивается по линейному закону. Как следствие этого, скорость перемещения торца прокладываемого трубопровода снижается по этому же закону. В результате ВМП попадает в зону неустойчивой работы на аэродинамической характеристике, что обуславливает резкое снижением его производительности и давления. Для исключения этого режима работы между ВМП и устройством дистанционного прокладывания трубопровода необходимо установить регулятор с окном. При этом площадь окна должна обеспечивать утечку воздуха в количестве достаточном для устойчивой работы ВМП на эту аэродинамическую сеть.

В результате установления регулятора ВМП подает воздух в аэродинамическую сеть, эквивалентную параллельному соединению [1], приведенному на рисунке 1.

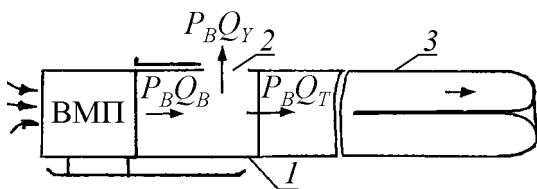


Рис. 1. Схема распределения потоков энергии рабочего тела при прокладке трубопровода: 1 – регулятор; 2 – окно; 3 – трубопровод; P_B, Q_B – давление и расход ВМП, Па и м³/с, соответственно; Q_Y, Q_T – расход через окно и в трубопровод, м³/с

Работу ВМП на данную аэродинамическую сеть можно представить в виде равенства

$$P_B Q_B - P_B Q_Y = P_B Q_T .$$

Это равенство представляет собой распределение потока энергии, подаваемого ВМП в указанную аэродинамическую сеть. На основании работы [1] это равенство преобразуется в уравнение

$$\frac{a_0 R_Y R_T}{R_Y R_T + b_0 (\sqrt{R_Y} + \sqrt{R_T})^2} \sqrt{\frac{a_0 (\sqrt{R_Y} + \sqrt{R_T})^2}{R_Y R_T + b_0 (\sqrt{R_Y} + \sqrt{R_T})^2}} - R_Y Q_Y^3 = R_T Q_T^3, \quad (1)$$

включающее депрессии соединений, которыми являются окно регулятора и дистанционно прокладываемый трубопровод. Депрессии этих соединений определяются выражениями

$$P_B = R_Y Q_Y^2, \quad (2)$$

$$P_B = R_T Q_T^2, \quad (3)$$

где R_Y и R_T – аэродинамическое сопротивление окна регулятора и дистанционно прокладываемого гибкого трубопровода, Па·с²/м⁶.

С учетом зависимостей (2), (3) и выполнения соответствующих преобразований равенство (1) упрощается и принимает вид

$$\frac{a_0 R_T}{Q_Y^2} = R_Y R_T + b_0 R_Y + 2b_0 \sqrt{R_Y R_T} + b_0 R_T. \quad (4)$$

Выражение (4) содержит параметр R_T , который необходимо преобразовать в зависимость вида $R_T = f(R_Y)$.

Для определения параметра R_T воспользуемся уравнением динамики переменной массы, описывающем процесс дистанционной прокладки трубопровода по наклонной горной выработке

$$m x \frac{dV}{dt} + m V^2 = k S_T P_B - k \frac{r S_T^3}{4} V^2 x - m q x b, \quad (5)$$

$$b = f_1 \cos \alpha \pm \left[1 - f_2 + \frac{\rho S_T}{m} \right] \sin \alpha,$$

где m – масса 1п.м трубопровода, кг/м; x – переменная координата длины, м; V – скорость перемещения не вывернутой части трубопровода, м/с; t – время, с; k – коэффициент, учитывающий изменение величины тяговой силы; S_T – площадь поперечного сечения трубопровода, м²; r – удельное аэродинамическое сопротивление трубопровода, Па·с²/м⁷; q – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность воздуха, кг/м³; b – комплексный коэффициент трения скольжения, который учитывает влияние f_1 , f_2 – коэффициенты трения скольжения невывернутой части трубопровода о вывернутую и вывернутой на изнанку о почву выработки и α – угла наклона горной выработки.

В выражении (5) знак «+» означает, что перемещение трубопровода осуществляется по наклонной горной выработке в направлении снизу в верх, а

знак «→» указывает, что трубопровод движется по выработке сверху в низ, в этом случае коэффициент $f_2 = 0$.

Решением уравнения (5) является выражение, которое после

$$(Vx)^2 me^{\varphi x} = 2kSP_B N_1 - 2mqbN_2,$$

выполнения соответствующих преобразований принимает вид

$$Q_T^2 = P_B N_3 - N_4, \tag{6}$$

$$N_1 = \frac{e^{\varphi x}(\varphi x - 1) + 1}{\varphi^2}, N_2 = \frac{e^{\varphi x}[(\varphi x)^2 - 2\varphi x + 2] - 2}{\varphi^3}, N_3 = \frac{kS^3 N_1}{2mx^2 e^{\varphi x}}, N_4 = \frac{qS^2 b N_2}{2x^2 e^{\varphi x}}.$$

Из системы выражение (2), (3) и (6) после выполнения преобразований имеем зависимость

$$R_T = \frac{R_Y Q_Y^2}{N_3 R_Y Q_Y^2 - N_4}. \tag{7}$$

Из совместного решения системы равенств (4), (7) получаем уравнение

$$R_Y^2 - A_1 R_Y + A_2 = 0,$$

$$A_1 = 2 \frac{(a_0 - b_0 Q_Y^2 + b_0 N_4)(1 + b_0 N_3) - 2b_0 N_3 Q_Y^2}{(1 + b_0 N_3)^2 Q_Y^2}, \tag{8}$$

$$A_2 = \frac{(a_0 - b_0 Q_Y^2 + b_0 N_4)^2 + 4b_0^2 N_4 Q_Y^2}{(1 + b_0 N_3)^2 Q_Y^4}.$$

Из анализа уравнения (8) следует, что при соблюдении граничного условия $x = 0$ это равенство упрощается

$$R_Y^2 - 2 \frac{(a_0 - b_0 Q_Y^2)}{Q_Y^2} R_Y + \frac{(a_0 - b_0 Q_Y^2)^2}{Q_Y^4} = 0.$$

Решением вышеприведенного уравнения является выражение

$$R_Y = \frac{(a_0 - b_0 Q_Y^2)}{Q_Y^2}, \tag{9}$$

в котором согласно работы [2] параметр R_Y можно представить в виде равенства

$$R_Y = \frac{\xi_1 \rho}{2S_0^2}, \tag{10}$$

где ξ_1 – коэффициент местного аэродинамического сопротивления окна; S_0 – площадь окна регулятора, м².

В выражении (10) неизвестным является коэффициент ξ_1 . Для определения этого коэффициента были использованы экспериментальные данные, приведенные в работе [2], которые после обработки методами [3] позволили установить зависимость

$$\xi_1 = 0,194 \frac{S_R^2}{S_0^2},$$

где S_R – площадь поперечного сечения регулятора, м².

Для регулятора диаметром 0,6м это выражение принимает вид

$$\xi_1 = \frac{0,0155}{S_0^2}. \quad (11)$$

В результате из системы равенств (9), (10) и (11) и выполнения преобразований получаем зависимость для расчета площади окна регулятора

$$S_0 = 0,34 \sqrt[3]{\frac{\rho Q_Y^2}{a_0 - b_0 Q_Y^2}}.$$

Таким образом, в результате проведения аналитических исследований установлена зависимость, которая позволяет рассчитать площадь окна регулятора, обеспечивающая устойчивую работу ВМП при осуществлении дистанционной прокладки гибкого трубопровода по аварийной выработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Ф.А. Рудничная аэрогазодинамика. – М.: Недра, 1972. – 272 с.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975. – 560 с.
3. Смирнов Н.В, Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука, 1969. – 512 с.