

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОСУШЕНИЯ СТВОЛОВ, ПРОВОДИМЫХ БУРЕНИЕМ

Игнатов А.В. канд. тех. наук, доц.,
Донецкий национальный технический университет

Исследованы затраты времени при осушении вентиляционных стволов с использованием различных технологических схем.

The expenditures of time are investigated at draining of air shafts with usage of the different technological schemas.

1. Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Увеличение добычи угля требует создания соответствующих режимов проветривания шахтных выработок, что, в свою очередь, приводит к необходимости проведения все большего числа шахтных вентиляционных стволов.

Технология сооружения шахтных стволов способом бурения предусматривает после окончания работ по их креплению откачку промывочной жидкости для проверки качества крепи и обеспечения безопасных работ по сбойке ствола с шахтными выработками.

Таким образом сроки ввода в эксплуатацию вентиляционных стволов существенно зависят от времени их осушения и задача определения оптимальных технологических схем их осушения является актуальной.

2. Анализ исследований и публикаций.

Известно применение последовательной работы насоса и эрлифта для откачки чистой воды и пульпы /1,2,3/. В этом случае при работе по замкнутой схеме смеситель располагается непосредственно в нагнетательном трубопроводе основного насоса. Необходимое погружение обеспечивается столбом воды, создаваемым насосом в трубопроводе. Известно также применение насосно-эрлифтных установок для откачки воды из пробуренных вентиляционных стволов шахт /4,5/

В настоящее время в литературе отсутствуют исследования, посвященные анализу времени откачки шахтных вентиляционных стволов при помощи различных технологических схем.

3. Постановка задачі.

На основани поставленної проблеми и анализа публікацій ставится задача определения времени осушения стволов при применении различных технологических схем

4. Изложение материала и результаты.

До последнего времени значительная часть пробуренных вентиляционных стволов осушалась с помощью желонки (емкости, изготовленной из стальной трубы диаметром 0,9 м и длиной 5...7 м), закрепленной на канате буровой лебедки.

Время, необходимое для осушения ствола, можно определить следующим образом.

Время одного цикла откачки определяется зависимостью

$$t_{\text{ц}} = \frac{H_{\text{в}}}{V_{\text{с}}} + \frac{H_{\text{в}}}{V_{\text{п}}} + t_{\text{вс}},$$

где $V_{\text{с}}$ - скорость спуска бадьи, м/с; $V_{\text{п}}$ - скорость подъема, м/с; $H_{\text{в}}$ - уровень воды в стволе, м; $t_{\text{вс}}$ - время, необходимое для заполнения и опорожнения бадьи, с.

Объемную скорость откачки запишем в виде

$$Q_{\text{отк}} = \frac{q}{t_{\text{ц}}} = \frac{q}{H_{\text{в}} \left(\frac{1}{V_{\text{с}}} + \frac{1}{V_{\text{п}}} \right) + t_{\text{вс}}}, \quad (1)$$

где q - емкость желонки, м³.

Эту производительность откачки можно записать также следующим образом

$$Q_{\text{отк}} = \frac{dQ_{\text{с}}}{dt}, \quad (2)$$

$$dQ_{\text{с}} = S dH_{\text{в}}, \quad (3)$$

где S - площадь поперечного сечения ствола, м².

Подставив выражение (3) в (2) и учитывая зависимость (1), получаем

$$S \frac{dH_B}{dt} = \frac{q}{H_B \left(\frac{1}{V_c} + \frac{1}{V_n} \right) + t_{bc}},$$

или с учетом притока воды в ствол

$$S \frac{dH_B}{dt} = \frac{q}{H_B \left(\frac{1}{V_c} + \frac{1}{V_n} \right) + t_{bc}} - Q_{пр}. \quad (4)$$

Из (4) получаем $dH_B = \left(\frac{B}{AH_B + t_{bc}} - \frac{Q_{пр}}{S} \right) dt$, где $A = \frac{1}{V_c} + \frac{1}{V_n}$,

$$B = \frac{q}{S}.$$

Тогда

$$dt = \frac{AH_B + t_{bc}}{B - \frac{Q_{пр}}{S}(AH_B + t_{bc})} dH_B. \quad (5)$$

Проинтегрировав выражение (5), получаем

$$t = \frac{1}{A} \left\{ \frac{S^2}{Q_{пр}^2} \left[-\frac{Q_{пр}}{S} AH_c + B \cdot \ln \left| \frac{B - \frac{Q_{пр}}{S} t_{bc}}{B - \frac{Q_{пр}}{S} (AH_c + t_{bc})} \right| \right] \right\}, \quad (6)$$

где H_c - глубина ствола или конечная глубина откачки, м.

На рис.1 приведены результаты расчетов по зависимости (6) для водопритокков различной величины.

При откачке из усредненного ствола диаметром 2,6 м ($S=5.3 \text{ м}^2$) желонкой емкостью $4,0 \text{ м}^3$, которая движется по стволу вниз со скоростью $V_c=6,8 \text{ м/с}$ и вверх $V_n=1,76 \text{ м/с}$ (соответственно 5 и 1 скорости лебедки), а также наполняется и опоражнивается за $t_{bc}=60 \text{ с}$, из рис.1 видно, что при водопритока $Q_{пр} = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ возможна эффективная работа по осушению до $H=570 \text{ м}$, а при увеличении водопритока

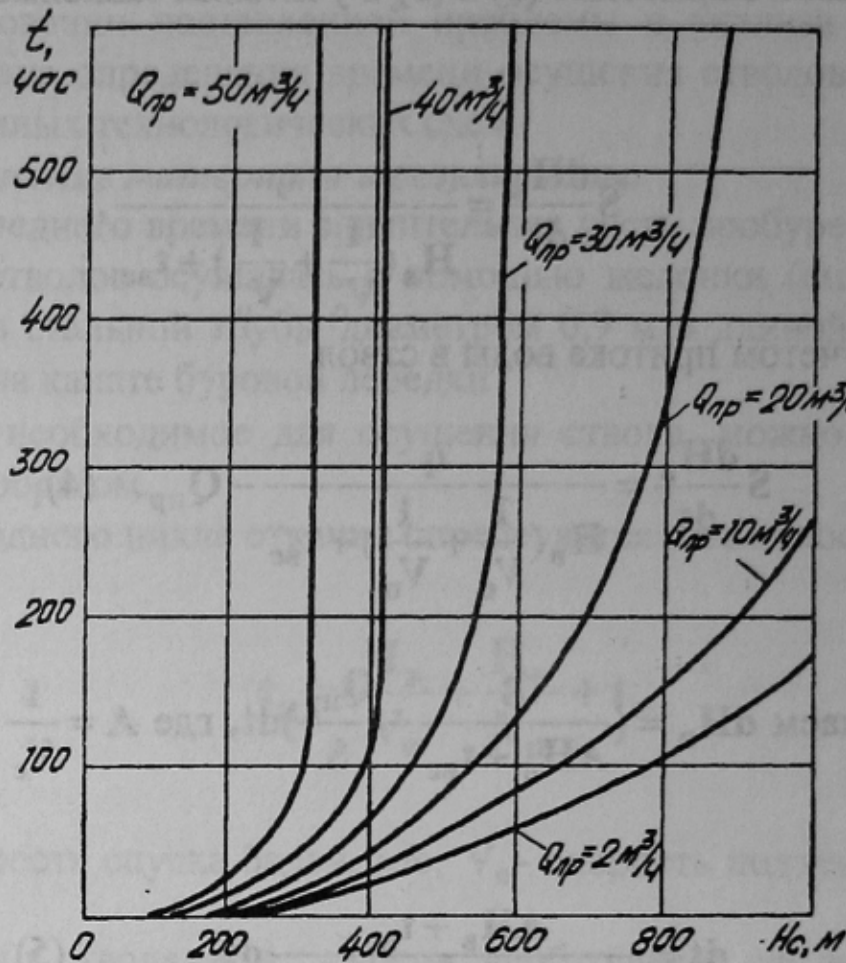


Рис. 1. Зависимость времени откачки ствола бадьей от глубины и притока воды

до $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ глубина откачки снижается до 300 м. Причем, фактическое время откачки больше расчетных величин, так как не учитывается время, необходимое для транспортировки персонала при осмотре ствола, а также остановки в работе, связанные с осмотром и ремонтом оборудования. Учитывая это, практическое использование желонки для осушения стволов с водопритоком более 50 м^3 является нереальным. В связи с изложенным была поставлена задача установления возможности применения для откачки эрлифтов, которые требуют меньших затрат времени на монтажные и наладочные работы, более просты и надежны в эксплуатации по сравнению с насосами, но имеют меньший КПД, который по мере откачки воды из ствола снижается и может достигать значений меньших 10%.

С этой целью были проведены аналитические исследования при следующих исходных данных и ограничениях [5]:

- глубина ствола $H_c = 100, 200, 300, 400, 500 \text{ м}$;

- диаметр подъемной трубы $d_n = 0,129; 0,2; 0,33$ м;
- геометрическое погружение смесителя $h = 10 \dots 100$ м;
- высота столба воды в стволе после окончания откачки не должна превышать 50 м;
- производительность установки должна быть не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- КПД установки должен быть не менее 10%;
- расход воздуха эрлифтом составляет $0,4 \dots 0,8 \text{ м}^3/\text{с}$.

Полученные результаты показывают, что с учетом принятых ограничений можно эффективно откачивать стволы глубиной до 400 м при использовании труб с внутренним диаметром $0,129 \dots 0,2$ м и глубиной до 200 м - для труб диаметром $0,33$ м. Для эффективной откачки стволов с глубиной более 400 м или с притоком воды более $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ необходимо применять насосные или насосно-эрлифтные установки.

Однако, применение насосов не всегда возможно. Так, часто применяющийся для этих целей насос ЭЦВ 14-210-300 К может обеспечить откачку воду из ствола глубиной не более 420 м при отсутствии притока, поэтому для стволов большей глубины или стволов с притоком вода необходимо применять насосно-эрлифтные установки или насосы с большими значениями напора и подачи, что не всегда возможно.

Определим время, необходимое для откачки ствола при, помощи насосно-эрлифтной установки. На рисунке 2 приведена зависимость подачи насосно-эрлифтной установки от уровня воды при откачке на шахте № 2 шахтоуправления "Новгородовское" ПО "Селидовуголь» ствола глубиной 447 м и диаметром 2,8 м. Для откачки была применена насосно-эрлифтная установка с погружным насосом ЭЦВ 14-210-300К. Диаметр подводящего трубопровода составлял $0,33$ м, а эквивалентный диаметр подъемной трубы - $0,295$ м. Длина подъемной трубы 104 м. Приток воды в ствол составил $40 \dots 50 \text{ м}^3/\text{ч}$. Из рисунка 2 видно, что производительность насосно-эрлифтной установки может быть определена зависимостью

$$Q_{\text{уст}} = f_0 + f_1 H_B + f_2 H_B^2, \quad (7)$$

где f_0, f_1, f_2 - коэффициенты, зависящие от глубины ствола, погружения смесителя, типа насоса, диаметров подводящей и подъемной труб. Для насосно-эрлифтной установки шахты № 2 шахтоуправления "Новгородовское" $f_0 = 0,0605$; $f_1 = 2,062 \cdot 10^{-4}$; $f_2 = -6,25 \cdot 10^{-7}$.

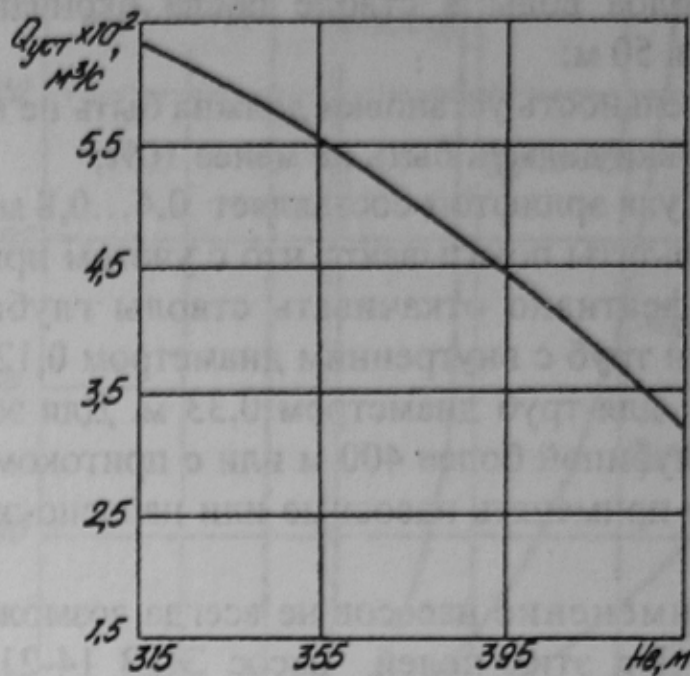


Рис. 2. Зависимость подачи насосно-эрлифтной установки от уровня воды в стволе

Аналогично (2)-(4) запишем

$$Q_{уст} = S \frac{dH_B}{dt} + Q_{пр},$$

Отсюда, учитывая зависимость (7), получим

$$dt = \frac{S}{f_0 + f_1 H_B + f_2 H_B^2 - Q_{пр}} dH_B. \quad (8)$$

Проинтегрировав выражение (8), получим зависимость для определения времени откачки ствола

$$t = \int_0^{H_c} \frac{S}{f_0 + f_1 H_B + f_2 H_B^2 - Q_{пр}} dH_B = \frac{S}{\sqrt{f_1^2 - 4f_2(f_0 - Q_{пр})}} \times$$

$$\times \ln \left| \frac{2f_2 H_c + f_1 - \sqrt{f_1^2 - 4f_2(f_0 - Q_{пр})}}{2f_2 H_c + f_1 + \sqrt{f_1^2 - 4f_2(f_0 - Q_{пр})}} \cdot \frac{f_1 + \sqrt{f_1^2 - 4f_2(f_0 - Q_{пр})}}{f_1 - \sqrt{f_1^2 - 4f_2(f_0 - Q_{пр})}} \right| \quad (9)$$

Обозначим

$$A = \sqrt{f_1^2 - 4f_2(f_0 - Q_{пр})}$$

Тогда зависимость (9) принимает вид

$$t = \frac{S}{A} \ln \left| \frac{(f + A_1)(2f_2H_c + f_1 - A)}{(f_1 - A)(2f_2H_c + f_1 + A)} \right|. \quad (10)$$

Для описанной выше установки средняя величина притока воды $Q_{пр} = 0,01 \text{ м}^3/\text{с}$. Тогда

$$f_1 = 2,062 \cdot 10^{-4}; f_2 = -6,25 \cdot 10^{-7}; (f_0 - Q_{ид}) = 0,0475;$$

$$A = 4,02 \cdot 10^{-4}; t = 7,29 \text{ ч.}$$

Эти расчеты выполнены для уровня воды в стволе $H_B = 315 \dots 447 \text{ м}$.

С учетом пауз на проветривание и осмотр ствола фактически затраченное на осушение время составило двое суток. По оценке специалистов для откачке этого ствола желонко потребовалось бы затратить не менее 40 суток на осушение водоносного горизонта, чтобы сократить приток воды в ствол до $10 \dots 20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

5. Выводы и направление дальнейших исследований.

Применение насосно-эрлифтных установок для откачки вентиляционных стволов, проводимых бурением, обеспечивает снижение времени осушения ствола по сравнению с другими технологическими схемами.

Вместе с тем в дальнейших исследованиях при анализе технологических схем осушения стволов необходимо учитывать также капитальные затраты и энергозатраты.

Список источников.

1. Гейер В.Г. Новые технологические схемы и средства шахтного водоотлива Донецк: ДПИ, 1972.- 34 с.
2. Костанда В.С. Исследование и разработка эрлифтных и углесосно-эрлифтных подъёмов гидрошахт : Дис. ... канд.техн.наук. – Донецк, 1963. – 213 с.
3. Веселов А.М. Откачка рудников. – М., 1947. – 279 с.
4. Журавлев А.С., Ципельзон В.Г. Откачка погружным насосом из стволов и скважин, сооруженных методом бурения. //Шахтное строительство. – 1985.- №10. – С. 26-27.
5. Откачка шахтных стволов при помощи эрлифтов / Н.Г.Логвинов, А.С.Журавлев, А.В.Игнатюк, В.А.Турчин, С.А.Журавлев.- Донецк, 1986.- 15с. – Деп. В ГРНТБ УкрНИИТИ 04.11.86, № 2501-Ук.