

ВЫБОР ПЕРЕКАЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СХЕМЫ ВОДООТЛИВА С САМОСМЫВАЮЩИМИСЯ ВОДОСБОРНИКАМИ

Стативка А.Е., студент

Лазаренко В.И., старший преподаватель

Донецкий национальный технический университет

Исследован технологический процесс работы водоотлива с самосмывающимися водосборниками и проанализированы схемы перекачных средств для этой установки с выбором оптимальной.

В настоящее время угольные шахты и рудники являются предприятиями с высокой механизацией и автоматизацией основных технологических процессов. Однако на них еще сохранились работы, связанные с затратами ручного труда, в частности, при эксплуатации шахтного водоотлива.

Шахтная вода содержит большое количество нерастворимых твердых примесей. Попадая в насосы, они быстро вызывают абразивный износ. Осветление шахтной воды осуществляется в водосборниках и сооружаемых перед ними предварительных отстойниках. В существующих типовых схемах шахтного водоотлива конструкция водосборника в виде горизонтальных выработок с наклонными входными участками не совершенна.

Водосборники довольно быстро заиливаются и не обеспечивают осветления шахтной воды. Кроме того их очистка производится с большими затратами тяжелого ручного труда.

Особенно тяжелые условия работы складываются на участковых водоотливных установках, располагаемых в уклонных полях шахт. При конвейерном транспорте по уклонам существует значительное просыпание угольной мелочи, которая потом смывается по уклону водой и поступает вместе с ней в водосборники. При малой производительности труда на очистке, водосборники участковых водоотливных установок, почти весь период работают в частично заиленном состоянии. При этом, работая на не осветленной воде, насосы участкового водоотлива быстро выходят из строя. Кроме того, они откачивают не осветленную воду на основные горизонты в водосборники главного водоотлива и способствуют их быстрому заиливанию, что также ведет к преждевременному выходу из строя насосов главного

водоотлива и загрязнению окружающей среды шахтной водой, откачиваемой на поверхность.

Различные способы и средства механизации очистки шахтных водосборников существующей конструкции не могут пока кардинально решить данную проблему. Необходимо изменение схем шахтного водоотлива, особенно участкового, с коренной перестройкой водосборников и надежной организацией удаления из них твердого при каждом включении в работу насоса.

В настоящее время в ДонНТУ разработана для главных и участковых водоотливных установок новая схема водоотлива — НУО-1, исключая необходимость очистки от твердого водосборников и приемных колодцев. Она успешно внедряется на шахтах Минуглепрома Украины (ш. Трудовская ПО «Донецкуголь»; ш. Родинская ПО «Красноармейскуголь»; ш. им. Г.Г. Капустина ПО «Лисичанскуголь»; ш. им. XXI съезда КПСС ПО «Добропольеуголь»).

Водоотливная установка НУО-1 представлена на рис.1.

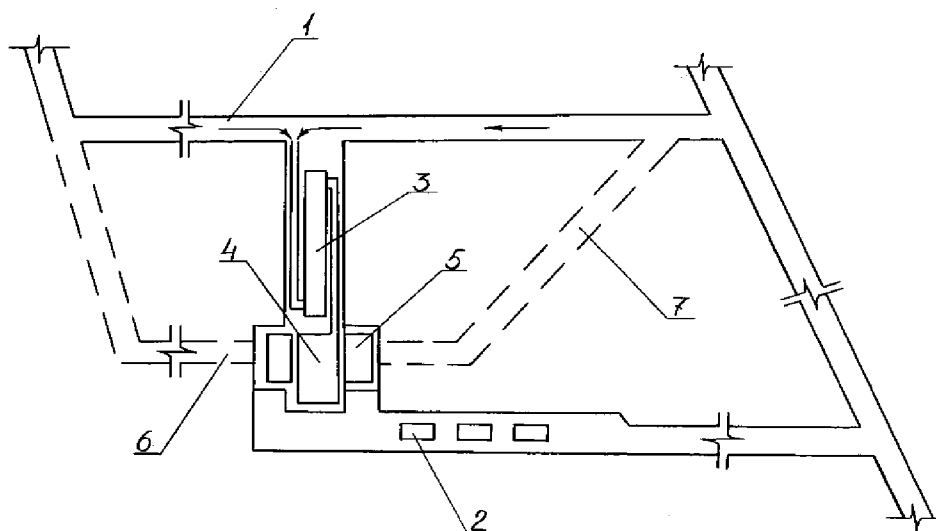


Рисунок 1 - Схема водоотливной установки НУО-1

Порядок работы установки следующий. Шахтная вода по водосточной канавке 1 поступает в предварительный отстойник 3, где освобождается от твердых частиц крупностью более 0,1 мм. Осевшие в предварительном отстойнике твердые частицы периодически удаляются из него при помощи специального шламочувствительного конвейера (баггер-зумпфа) на конвейер или вагонетки, которые направляются в скиповый или клетевой подъем. Из предварительного отстойника частично осветленная вода поступает в центральный приемный колодец 4. Заполнив его до уровня переливного канала, она начинает пе-

реливаться через него в регулировочный водосборник 7. После его заполнения включается основной насос водоотлива и начинает откачивать воду из приемного колодца на вышележащий горизонт или на поверхность. При этом вода из регулировочного водосборника должна перекачиваться в центральный приемный колодец при помощи специального перекачного насоса или гидроэлеватора 10.

В соответствии с правилами безопасности [1] в схеме НУО-1 предусмотрен и аварийный водосборник 5, переливной канал которого расположен выше, чем в регулировочном водосборнике и поэтому вода начинает поступать в него только после того, как полностью заполнится регулировочный водосборник. Вода из него также перекачивается в приемный колодец при помощи специального перекачного насоса или гидроэлеватора 10.

Характерной особенностью регулировочного и аварийного водосборников в схеме НУО-1 является то, что они выполняются самосмывающимися и не заиливаются в процессе эксплуатации. Это достигается двумя особенностями их конструкции :

- вода заполняет их снизу вверх с малой скоростью и поэтому твердые частицы, в основном, осаждаются в приемниках и откачивается обратно в приемный колодец перекачными насосами или гидроэлеватором при работе водоотлива;

- смыв частиц, осевших за пределами приемников, осуществляется при снижении уровня воды в водосборниках при ее очистке за счет наклона их почвы до 50° и специальной канавки, проведенной посередине выработки.

При этом емкость полностью осушается, т.к. почва водосборника находится на 0,5 м выше верхнего уровня воды в приемнике, обеспечивая свободный слив.

Далее приводятся исследования по целесообразности использования насосов и гидроэлеваторов для перекачки воды из регулировочного и аварийного водосборников водоотливной установки НУО-1.

Использование специальных центробежных насосов для перекачки воды из водосборников в приемный колодец позволяет обеспечить высокую экономичность работы водоотливной установки НУО-1, однако, приводит к ее усложнению и снижению надежности. Кроме того, при этом необходимо иметь специальные насосы, надежно работающие на загрязненной шахтной воде. Использование гидроэлеваторов питаемых напорной водой от основных насосов для пере-

качки воды в приемный колодец обеспечивает высокую надежность установки НУО-1, но приводит к большим затратам энергии, т.к. гидроэлеваторы имеют более низкий КПД по сравнению с насосами.

Для сравнения схем с перекачными насосами и гидроэлеваторами введем коэффициент эффективности работы водоотливной установки НУО-1 – $K_{\text{Э}}$, определяемый как отношение затрат энергии при отсутствии перекачки (обычные схемы водоотлива) к затратам энергии при наличии перекачки (водоотливная установка НУО-1) при различных параметрах шахтного водоотлива.

СХЕМА ВОДООТЛИВА НУО-1 С ПЕРЕКАЧНЫМИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ

Организация работы водоотливной установки с перекачными центробежными насосами следующая: основной насос откачивает поступающий из предварительного отстойника в приемный колодец приток, а также воду регулировочного водосборника, перекачиваемую в приемный колодец перекачным насосом. При этом подача основного насоса:

$$Q_p = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{п}}, \quad (1)$$

где: $Q_{\text{пр}}$ – приток воды, м³/ч;

$Q_{\text{п}}$ – подача перекачного насоса, м³/ч.

Затраты энергии на откачку воды за сутки:

$$A = \left(\frac{\rho \cdot g \cdot H_p \cdot Q_p}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_d \cdot \eta_c} + \frac{\rho \cdot g \cdot H_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_{\text{пн}} \cdot \eta_{\text{дп}} \cdot \eta_{\text{сп}}} \right) \quad (2)$$

где: H_p – напор основного насоса, м;

$H_{\text{п}}$ – напор перекачного насоса, м. В схеме НУО-1 $H_{\text{п}} \approx 10$ м.

η_n, η_d, η_c – соответственно КПД основного насоса, его двигателя и сети;

$\eta_{\text{пн}}, \eta_{\text{дн}}, \eta_{\text{сп}}$ – соответственно КПД перекачного насоса, его двигателя и сети.

Эти величины для основного и перекачного насосов отличаются незначительно и при расчетах можно принимать:

$$\eta_n \approx \eta_{\text{пн}}; \quad \eta_d \approx \eta_{\text{дп}}; \quad \eta_c \approx \eta_{\text{сп}}$$

Подачу основного и перекачного насосов выразим через приток и коэффициент времени работы:

$$K_p = \frac{24}{t_p} \quad (3)$$

где: 24 – число часов в сутках;

t_p – время работы водоотлива в сутки, ч.

$$Q_p = K_p \times Q_{пр}; \quad Q_{п} = (K_p - 1) \times Q_{пр}$$

С учетом этого, затраты энергии на откачку воды установкой НУО-1 с перекачными центробежными насосами определяется по зависимости:

$$A = \left(\frac{\rho \cdot g \cdot H_p \cdot Q_p}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_H \cdot \eta_D \cdot \eta_C} + \frac{\rho \cdot g \cdot H_{п} \cdot (K_p - 1) Q_{п}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_H \cdot \eta_D \cdot \eta_C} \cdot t_p \right) =$$

$$= \frac{\rho \cdot g \cdot H_p \cdot Q_p}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_H \cdot \eta_D \cdot \eta_C} [K_p \cdot H_p + (K_p - 1) \cdot H_{п}] \cdot t_p$$

Без перекачки воды (в обычных схемах водоотлива) расход энергии равен:

$$A' = \frac{\rho \cdot g \cdot H_p \cdot Q_p}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_H \cdot \eta_D \cdot \eta_C} \cdot t_p + \frac{\rho \cdot g \cdot K_p \cdot H_p \cdot Q_{пр}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_H \cdot \eta_D \cdot \eta_C} \cdot t_p \quad (5)$$

Коэффициент эффективности водоотливной установки НУО-1 с перекачными центробежными насосами можно определить по зависимости:

$$K_{э} = \frac{A'}{A} = \frac{K_p \cdot H_p}{K_p \cdot H_p + (K_p - 1) H_{п}} \quad (6)$$

Время работы насосов может изменяться от 20 часов в меньшую сторону. При этом будет изменяться коэффициент K_p . Ряд его значений для различного времени работы водоотлива приведен в таблице 1.

Таблица 1 Значение коэффициента K_p

t_p , ч	20	16	14	12	10	8	6
K_p	1,2	1,5	1,714	2	2,4	3	4

Если принять напор подпорных насосов в установках НУО-1 постоянным, равным 10 м, то, с учетом этого, коэффициент определяется по зависимости:

$$K_{э} = \frac{K_p \cdot H_p}{K_p \cdot (H_p + 10) - 10} \quad (7)$$

Как видно из полученной зависимости, коэффициент эффективности установки НУО-1 с центробежными перекачными насосами не зависит от притока, а зависит от времени работы насосов и их напора.

Задавшись этими параметрами, рассчитаем значения коэффициента эффективности. Результаты расчета приводятся в таблице 2.

Таблица 2 Значения коэффициента эффективности

H_{Γ}/H_p	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
$t_p, \text{ ч}$					
20	0,997	0,993	0,988	0,987	0,984
16	0,993	0,987	0,98	0,974	0,968
14	0,992	0,984	0,976	0,968	0,96
12	0,990	0,980	0,97	0,961	0,952
10	0,988	0,977	0,966	0,955	0,945
8	0,987	0,974	0,962	0,949	0,938
6	0,980	0,971	0,957	0,943	0,93

СХЕМА ВОДООТЛИВА НУО-1 С ПЕРЕКАЧНЫМИ ГИДРОЭЛЕВАТОРАМИ

Организация работы водоотливной установки с перекачными гидроэлеваторами следующая:

Основной насос откачивает поступающий в приемный колодец приток и воду из регулировочного водосборника, перекачиваемую в приемный колодец перекачным гидроэлеватором. При этом часть воды от основного насоса расходуется на питание перекачного гидроэлеватора. Подача основного насоса при этом равна:

$$Q_p = Q_{\text{пр}} + Q_1 + Q_2, \quad (8)$$

где: Q_p – подача основного насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{пр}}$ – приток воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_1 – расход напорной воды гидроэлеватором, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_2 – подача гидроэлеватора, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Затраты энергии на откачку воды за сутки при этом равны:

$$A = \frac{\rho \cdot g \cdot H_p \cdot (Q_p + Q_1)}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_d \cdot \eta_c} \cdot t_p \quad (9)$$

Выразим все входящие в зависимость расходы через приток:

$$Q_p = Q_{\text{пр}} + Q_1 + \beta \times Q_1 = Q_{\text{пр}} + Q_1 \times (1 + \beta), \quad (10)$$

где: β – коэффициент расхода гидроэлеватора.

В зависимости от коэффициента напора гидроэлеватора K значения коэффициента расхода приведены в таблице 3.

Таблица 3 Значение коэффициента расхода

K	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
β	6,0	4,8	3,8	3	2,3

Если выразить подачу основного насоса через приток и коэффициент времени работы, то получим:

$$Q_{\text{пр}} \times K_p = Q_{\text{пр}} + Q_1 \times (1 + \beta), \quad (11)$$

откуда

$$Q_1 = Q_{\text{пр}} \cdot \frac{K_p - 1}{\beta - 1} \quad (12)$$

Подставив значения $Q_{\text{пр}}$ и Q_1 в зависимость, получаем:

$$A = \frac{\rho \cdot g \cdot H_p \cdot \left(Q_{\text{пр}} \cdot K_p + Q_{\text{пр}} \frac{K_p - 1}{\beta + 1} \right)}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_d \cdot \eta_c} \cdot t_p \quad (13)$$

Определим коэффициент эффективности:

$$K_э = \frac{A'}{A} = \frac{K_p}{K_p + \frac{K_p - 1}{\beta + 1}} \quad (14)$$

Если учесть, что коэффициент расхода гидроэлеватора зависит от коэффициента напора, а последний – от напора основного насоса, то так же, как и при использовании перекачных насосов, при перекачке воды из водосборника в приемный колодец гидроэлеваторами, коэффициент эффективности НУО-1 не зависит от притока, а зависит от времени работы насосов и их напора. Задавшись временем работы насосов и напорами, рассчитаем значения коэффициента эффективности. Результаты расчетов запишем в таблицу 4.

Таблица 4 Значения коэффициентов эффективности $K_э$

$H_{\text{п}}/H_p$	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
t_p , ч					
20	0,977	0,972	0,966	0,96	0,952
16	0,955	0,946	0,935	0,923	0,908
14	0,994	0,933	0,920	0,906	0,888
12	0,933	0,921	0,906	0,889	0,868
10	0,923	0,909	0,892	0,873	0,850

8	0,913	0,897	0,878	0,857	0,832
6	0,870	0,886	0,865	0,842	0,815

При использовании для перекачки воды из регулировочного и аварийного водосборников гидроэлеваторов коэффициент эффективности водоотливной установки НУО-1 на 5 – 12 % ниже, чем при использовании центробежных насосов. При использовании перекачных гидроэлеваторов коэффициент эффективности изменяется более резко и в больших пределах, чем при использовании перекачных центробежных насосов. Они в большей степени зависят от времени работы перекачной установки в сутки и от напора основных насосов.

Таким образом, применение перекачных гидроэлеваторов в схеме НУО-1 целесообразно при высоких напорах основных насосов [2]. При использовании перекачных гидроэлеваторов в схеме НУО-1 для обеспечения высокого коэффициента эффективности необходимо увеличивать время работы водоотлива в сутки до предельно допустимого по ПБ, а при соблюдении определенных требований (свободная аварийная емкость и дополнительные насосы) и свыше предельно допустимого (более 20 ч).

Список источников:

1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах – М: Недра, 1986 – 448 с.
2. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. – М.: Недра, 1987. – 270 с.