

А. А. Ермолинский, магистрант

А. С. Оголубченко, канд.техн.наук, доц.

Донецкий национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РЕГУЛИРОВОЧНОЙ ЕМКОСТИ ПУЛЬПОСБОРНИКА И ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ПОДАЧИ УГЛЕСОСНОЙ УСТАНОВКИ ГИДРОТРАНСПОРТА ШАХТЫ

В статье приведена методика определения величины регулировочной емкости пульпосборника углесосной установки и параметров регулирования при автоматическом регулировании подачи углесоса с предварительным переводом работы установки с гидросмеси на воду

Гидротранспорт является одним из основных технологических процессов гидрошахты. Напорный гидротранспорт по основным выработкам шахты осуществляется с помощью углесосов, которые совместно с пульпосборником и трубопроводной сетью представляют собой углесосную установку. На рисунке 1 приведена технологическая схема углесосной установки с системой автоматического регулирования подачи углесоса. На рисунке 1 обозначено: 1 - пульпосборник; 2 - всасывающее устройство; 3 - шибер регулировочный; 4 - трубопровод подпитки; 5 - всасывающий трубопровод; 6 - углесос; 7 - приводной электродвигатель; 8 - задвижка на пульповоде; 9 - система автоматического регулирования (САР); 10 - напорный трубопровод (пульповод).

Гидросмесь в пульпосборник поступает от добычных забоев безнапорным гидротранспортом и изменяется по величине в зависимости от режимов работы добычных забоев. С одной стороны емкость пульпосборника для углесосной установки весьма ограничена, а с другой - необходимо проектировать подачу углесосной установки, превышающую в 2-3 раза средний приток гидросмеси к установке. Это противоречие приводит к тому, что в результате дисбаланса притока гидросмеси и подачи углесоса происходят частные включения-отключения углесосной установки, что вызывает перерасход воды, а следовательно электроэнергии, на изменение режима работы установки (необходимость промывки водой при отключении и заполнения водой трубопроводной сети при включении установки) [1].

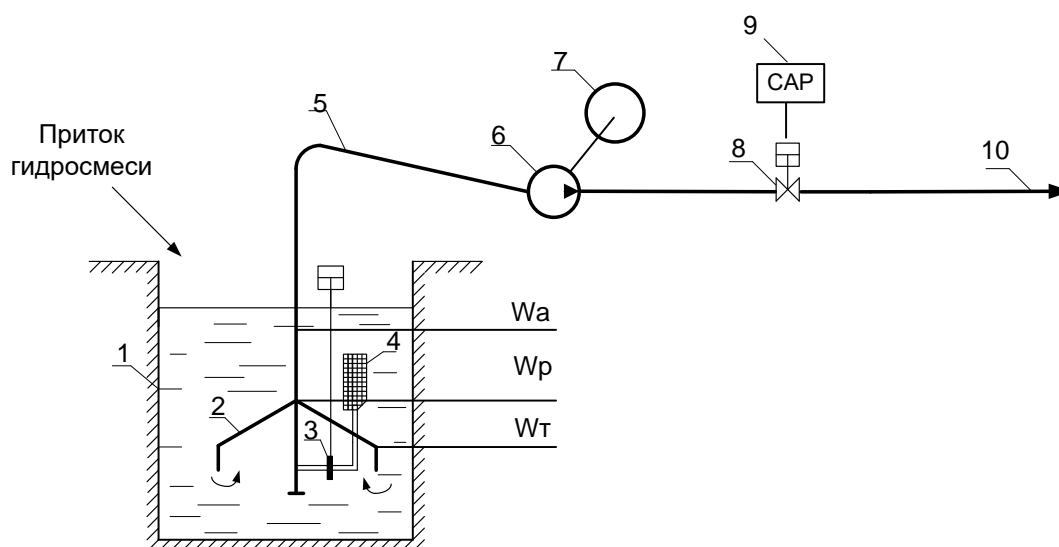


Рисунок 1 – Технологическая схема углесосной установки с системой автоматического регулирования подачи углесоса

Добавление воды в пульпосборник также снижает пропускную способность напорного гидротранспорта. Для повышения эффективности работы углесосной установки необходимо наличие компьютеризированной системы автоматического управления углесосной установкой с функцией регулирования углесоса по подаче, при которой бы исключался или значительно снижался расход воды на собственные нужды установки при изменении режима её работы [2].

Из условий эксплуатации углесосных установок вытекают следующие основные требования к способу регулирования этих установок по подаче. Способ должен: обладать значительной, порядка 0,3-0,6, глубиной регулирования; обеспечивать минимальный расход воды и быть экономичным; реализоваться в шахтных условиях; исключать возможность возникновения аварийных ситуаций на гидротранспорте (не допускать закупорок углесоса, трубопровода и элементов регулирующих устройств, а также исключать возникновение гидравлических ударов и других динамических нагрузок на объект); быть надежным в реализации; не накладывать дополнительные ограничения на работу добычных забоев; осуществляться в автоматическом режиме. Этим требованиям удовлетворяет способ регулирования, разработанный в ДПИ (в настоящее время Донецкий национальный технический университет,

г.Донецк) [1]. Способ основан на применении специального всасывающего устройства углесоса, например типа УВ-5 с регулируемым шибером 3 (см. рис.1) и заключается в предварительном переводе углесоса б на перекачивание воды путем открытия шибера всасывающего устройства и далее полной промывке водой, содержащейся в пульпосборнике, напорного трубопровода 10 на максимальной подаче углесоса, с последующим дросселированием напорного трубопровода задвижкой 8 и следовательно снижении подачи углесоса (режим зарегулирования). Затем по окончании цикла регулирования, задвижка 8 открывается, шибер 3 всасывающего устройства закрывается, и углесос переводится на номинальную подачу перекачивания гидросмеси (режим разрегулирования). При наличии регулируемого электропривода углесоса изменение подачи установки возможно путем соответствующего изменения частоты вращения приводного электродвигателя углесоса.

Для реализации указанного способа регулирования, пульпосборник углесосной установки должен иметь полезную емкость (в пределах максимальной и минимальной геометрических высот всасывания углесоса), равную сумме аварийной емкости (W_a), регулировочной емкости (W_p) и емкости для складирования твердого материала (W_T). Аварийная емкость должна быть всегда свободной, поэтому она располагается всегда выше регулировочной емкости (см.рис.1). Емкость W_T должна быть достаточной для складирования твердого материала при всех режимах эксплуатации углесосной установки и находится в пределах зоны захвата всасывающего устройства углесоса.

Регулировочная емкость должна быть минимальной по объему и обеспечивать необходимую глубину регулирования, не допуская накопления твердого материала сверх допустимого уровня завала всасывающего устройства углесосной установки в режиме зарегулирования углесоса по подаче.

Для выполнения этих требований к регулировочной емкости необходимо одновременное выполнение следующих условий:

$$W_{p1} \geq t_3(Q_c - Q_3)$$

$$W_{p2} \geq t_p (Q_y - Q_c), \quad (1)$$

где: W_{p1} - требуемый объем регулировочной емкости по условию складирования гидросмеси за время зарегулирования углесоса по подаче, м^3 ; W_{p2} - требуемый объем регулировочной емкости по условию достаточного объема воды для откачки твердого материала, накопившегося за время зарегулирования углесоса по подаче, м^3 ; t_3 - время работы углесоса в зарегулированном режиме, ч; t_p - время работы углесоса в разрегулированном режиме, ч; Q_c - средний приток гидросмеси в пульпосборник, $\text{м}^3/\text{ч}$; Q_3 - подача углесоса в зарегулированном режиме, $\text{м}^3/\text{ч}$; Q_y - подача углесоса в разрегулированном режиме, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Определим емкость регулировочной емкости по условию $W_{p1} \geq t_3(Q_c - Q_3)$ с учетом что $W_n = W_y$ и $G_n = G_y$, где G_n - объем твердого материала, поступающего в пульпосборник в составе гидросмеси за цикл регулирования, м^3 ; G_y - объем твердого материала, перекачиваемый углесосом, за цикл регулирования м^3 ; W_n - объем гидросмеси, поступающей в пульпосборник за цикл регулирования, м^3 ; W_y - объем гидросмеси, перекачиваемый

углесосом за цикл регулирования, м^3 . Обозначив $\delta = 1 - \frac{Q_c}{Q_y}$,

$C_3 = \frac{Q_3}{Q_y}$ и подставив значение этих величин в уравнение (W_{p1})

получим после преобразования

$$W_{p1} \geq t_3 Q_y (1 - \delta - C_3) \quad (2)$$

Значения W_n , W_y , G_n и G_y определяются соответственно как $W_n = t_{\text{ц}} Q_y$; $W_y = Q_y t_y + Q_3 t_3$; $G_n = t_{\text{ц}} K_u Q_c$ и $G_y = t_p K_y Q_y$, где: $t_y = t_p + t_{\text{пр}} + t_{\text{п}}$, - время работы углесоса при расчетной подаче, ч; $t_{\text{пр}} = 1,5 \frac{l}{3600V}$ - время промывки водой пульповода длиной l (м) при скорости потока воды V (м/с) и коэффициенте резерва промывки 1,5, ч; $t_{\text{п}}$ - время переключения устройств регулирования, ч; K_u, K_y - соответственно объемные концентрации гидросмеси, притекающей в пульпосборник углесосной установки и допустимой концентрации гидросмеси по транспортирующей и всасывающей способности углесоса; $t_{\text{ц}} = t_p + t_3 + t_{\text{пр}} + t_{\text{п}}$ - время цикла регулирования, ч;

Из условия $W_n = W_y$ с учетом значения W_n и W_y значение t_3 определяется как:

$$t_3 = \frac{\delta(t_p + t_{\text{пр}} + t_{\text{п}})}{1 - \delta - C_3} \quad (3)$$

Из условия $G_n = G_y$ с учетом значения величин G_n и G_y значение t_p определяется как:

$$t_p = \frac{t_{\text{пр}} + t_3 + t_{\text{п}}}{\frac{K_g}{K_u(1-\delta)} - 1} \quad (4)$$

Исключая t_p из (3) и (4), после преобразований имеем:

$$t_3 = \frac{\delta(t_{\text{пр}} + t_{\text{п}})(1 + K)}{K(1 - \delta - C_3) - \delta} = \frac{(t_{\text{пр}} + t_{\text{п}})\left(\frac{Q_y}{Q_c} - 1\right)}{1 - \frac{K_u}{K_g} - \frac{Q_3}{Q_y}\left(\frac{K_u}{K_g} + 1\right)}, \quad (5)$$

где $K = \frac{K_g}{K_u(1-\delta)} - 1$.

Подставляя значение t_3 из (4) в (2) после преобразований получаем зависимость для определения регулировочной емкости W_{p1} :

$$W_{p1} = 1,05\delta Q_y \frac{(K+1)(t_{np} + t_n)}{K - \frac{\delta}{1 - \delta - C_3}} = 1,05(Q_y - Q_c) \frac{t_{np} + t_n}{1 - \frac{K_u}{K_g} \frac{Q_c}{Q_y} \left(\frac{Q_y - Q_3}{Q_c - Q_3} \right)} \quad (6)$$

где коэффициент 1,05 – коэффициент резерва ёмкости пульпосборника.

Следует отметить, что для промывки водой пульповода используется вода, находящаяся в пульпосборнике в составе гидросмеси, которая поступает в пульпосборник с расходом не менее Q_c . Если же приток гидросмеси меньше среднего, рассчитанная регулировочная емкость может быть недостаточной для промывки пульповода. В этом случае необходимо подавать дополнительный объем воды в пульпосборник от постороннего источника или иметь для этого случая дополнительную промывочную емкость, заполненную водой. Добавление воды связано с перерасходом электроэнергии и уменьшением пропускной способности транспортной системы, что крайне нежелательно. Однако и наличие промывочной емкости должно быть экономически обосновано при строительстве пульпосборника.

Далее, полученная по зависимости (6) емкость W_{p1} должна удовлетворять условию:

$$W_{p1} \geq W_{p2} \quad (7)$$

Из условия зависимости $W_{p2} \geq t_p(Q_y - Q_c)$ системы (1) и уравнения (4), с учетом значений величин K, δ, C_3 , после соответствующих преобразований, получаем значение величины емкости W_{p2} :

$$W_{p2} = \frac{\delta}{K} Q_y (t_{np} + t_n) \left[1 + \frac{\delta(K+1)}{K(1-\delta-C_3)-\delta} \right] \quad (8)$$

Подставляя зависимости определения значений емкостей W_{p1} и W_{p2} в неравенство (7), после преобразований, получаем условие выполнения неравенства (7):

$$K \geq 0$$

или с учетом значений K и δ :

$$K_g \geq K_u \frac{Q_c}{Q_y}. \quad (9)$$

Анализ условия (9) показывает, что оно выполняется для всех случаев нормальной эксплуатации углесосной установки (при рассматриваемом способе регулирования). Данный способ регулирования предполагает неравенство $K_g > K_u$ и отношение $\frac{Q_c}{Q_y} \leq 1$.

Условие же $\frac{Q_c}{Q_y} > 1$ противоречит нормальной эксплуатации углесосной установки (коэффициент резерва производительности меньше единицы). Следовательно, при нормальной эксплуатации углесосной установки рассчитанный по зависимости (6) объем регулировочной емкости может считаться окончательным во всех случаях и не проверяться по условию (7).

Далее, учитывая выражение (3), можно определить ряд параметров регулирования углесосной установки по подаче. В частности, время среднего цикла регулирования за промежутки времени работы углесосной установки, в течении которого определен средний приток гидросмеси в пульпосборник (Q_c), может быть рассчитано как:

$$t_{ц} = \frac{t_{np} + t_n + t_3}{1 - \frac{K_u Q_c}{K_g Q_y}}$$

Также, зная величины t_3 и $t_{ц}$, из соотношения $t_{ц} = t_{пр} + t_{п} + t_3 + t_p$ можно определить значение времени t_p в течение цикла регулирования:

$$t_p = t_{ц} - (t_{пр} + t_{п} + t_3)$$

Таким образом, получены расчетные зависимости для определения регулировочной емкости пульпосборника углесосной установки и временных параметров регулирования при автоматическом регулировании подачи углесоса с предварительным переводом работы установки с гидросмеси на воду.

Список литературы.

1. Основы управления гидроэнерготранспортными системами угольных шахт/ В.И. Груба, Э.К. Никулин, А.С. Оголубченко; Под ред. В.И. Грубы, -Донецк: Донбасс, 1993. -225 с.
2. Ермолинский А.А., Оголубченко А. С. Компьютеризированная система автоматического управления шахтной гидротранспортной установкой / Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных работ XVI международной научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 24–26 мая 2016.- с.111-115.