

Итак, важнейшим условием повышения эффективности производства является внедрение систем управления качеством продукции. Внедрение современных систем качества невозможно без активного участия в этом процессе всего персонала, вовлечения буквально каждого работника.

Анализ современного состояния управления качеством угольной продукции позволил установить, что качество угольной продукции характеризуется большим количеством различных показателей, контроль за соблюдением которых в процессе производства позволяет повысить качество рядового угля.

В перспективе необходимо экономически обосновать значения нормируемых в стандартах показателей качества, устанавливающих требования к углям для различных видов потребления.

### **Библиографический список**

1. **Мишин В. М.** Управление качеством – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002 – 303 с.
2. **Синякевич Б. Г., Чернявский Н. В.** Энергетический уголь Украины: соотношение цены и качества /Энергетика и электрификация, 2004 - №12, с. 37-40.
3. **Толкацер Д. Я.** Цена и качество угольной продукции – М.: Недра, 1982 – 200 с.
4. **Алешинский Р. Е., Векслер Ф. М.** Качественные характеристики угольного топлива: их влияние на технико-экономические показатели ТЭС /Энергетик, 2003 - №1, с. 17-20.
5. **Шубенкова Е.** . Тотальное управление качеством – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 256 с.

© *Масюк Л. Н., Ланно И. Н., 2006*

УДК 622.271.63

Канд. техн. наук КУХАРЬ В. Ю. (Национальный горный университет)

### **ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАЦИОНАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ДОБЫЧИ НЕСВЯЗНОГО ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО ИЗ ПОДДОННОГО ЗАБОЯ С ПОКРЫВАЮЩИМИ ПОРОДАМИ**

Кафедра горных машин Национального горного университета продолжает работы по созданию экологически щадящей технологии для добычи несвязных полезных ископаемых (НПИ) на шельфе Черного и Азовского морей. Сущность технологии заключается в следующем: работающий грунтозаборник заглубляют в режиме гидробурения на расчетную глубину в добываемое НПИ, при этом часть его, находящаяся непосредственно перед всасывающим отверстием, разрыхляется за счет гидродинамического и фильтрационного воздействий потока воды, и всасывается грунтозаборником. Добыча предусматривает использование цилиндрического эжекторного грунтозаборника (рис. 1), оснащенного системой разнонаправленных форсунок, создающих гидроразрыхлительные струи.

Для эжекторного грунтозаборника, осуществляющего добычу НПИ из поддонного забоя, основными процессами, определяющими его производительность, являются процессы его взаимодействия с массивом НПИ - отделение полезного ископаемого от массива и извлечение его из забоя. Поэтому комплексное изучение этих процессов приобретает важное научно-практическое значение с целью повышения производительности грунтозаборника.

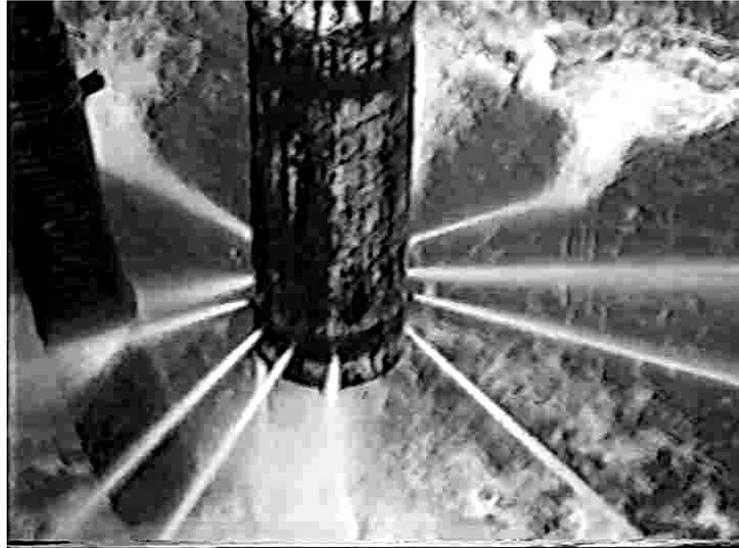


Рис. 1. Эжекторный грунтозаборник конструкции НИПИОкеанмаш

Рассмотрим процесс отсасывания размывого НПИ из поддонного забоя с целью определения взаимоотношения гидродинамических параметров в грунтозаборнике при его работе. Пусть всасывающее отверстие грунтозаборника погружено в НПИ на некоторую глубину, при которой образуется замкнутая зона размыва, т.е. не имеющая прямой связи с водоемом посредством размывого слоя НПИ (рис. 2а). Представим процесс выемки НПИ из такой зоны размыва в виде схемы (рис. 2б). Введем обозначения:  $Q_n$  – расход основного насоса,  $m^3/c$ ;  $Q_э$  – расход воды на эжекцию,  $m^3/c$ ;  $Q_t$  – расход НПИ в целике, поступающего в зону размыва и отсасываемого из нее,  $m^3/c$ ;  $Q_n$  – расход пульпы на выходе из грунтозаборника,  $m^3/c$ ;  $Q_p$  – расход воды, подаваемый в зону размыва,  $m^3/c$ ;  $Q_{вс}$  – часть подаваемого на размыв расхода воды, всасываемая грунтозаборником из поддонного забоя в составе пульпы,  $m^3/c$ ;  $Q_ф$  – избыточный расход воды, фильтрующийся из зоны размыва,  $m^3/c$ ;  $p$  – пористость НПИ, %.

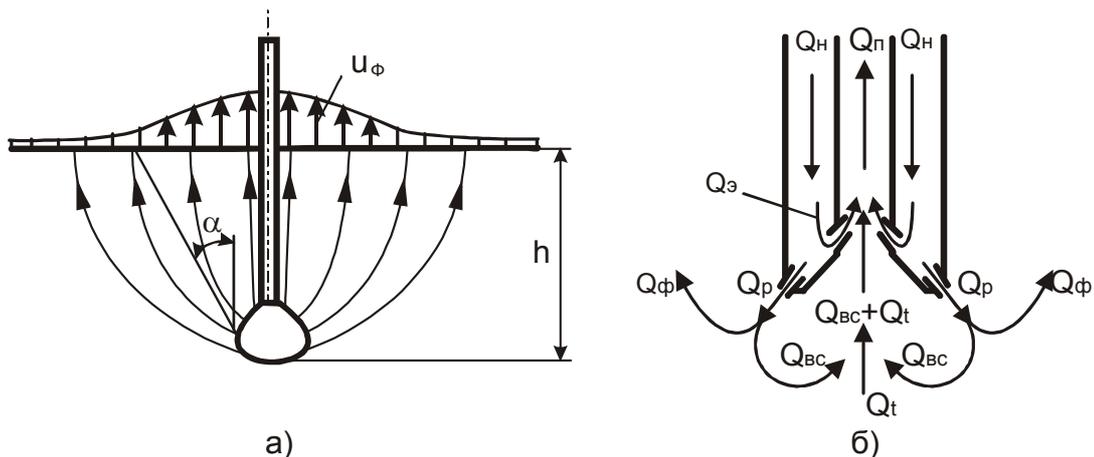
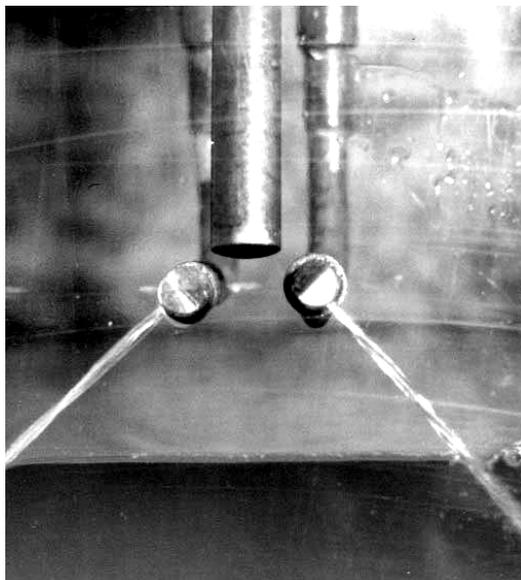


Рис. 2. Схема поддонного забоя с фильтрационным потоком: а) схема поддонного забоя; б) распределение потоков воды, твердого и пульпы в поддонном забое

В ходе проведения предварительных экспериментов на лабораторной установке [1] с использованием модели грунтозаборника (рис. 3), состоящей из наклонных форсунок и всасывающего патрубка, обнаружена взаимосвязь количества

размывающей воды  $Q_p$ , поступающей в зону размыва, и концентрации пульпы  $c$  на выходе грунтозаборника при прочих равных условиях. Также обнаружена взаимосвязь поведения слоя НПИ над отверстием всасывающего патрубка от количества подаваемой в зону размыва воды  $Q_p$ , от высоты этого слоя, физико-механических свойств НПИ и от конструктивных параметров грунтозаборника (угла наклона размывающих струй  $\beta$  и расстояния  $h_c$  между отверстием всасывающего патрубка и размывающими струями).



**Рис. 3.** Физическая модель эжекторного грунтозаборника

Визуальными наблюдениями за отсосом пульпы из поддонного забоя установлено, что при подаче размывающей воды в зону размыва с расходом, большим некоторого критического значения  $Q_{p\max}$ , излишек воды размывает слой НПИ, лежащий над уровнем отверстия всасывающего патрубка, образуя при этом вертикальное локальное нарушение сплошности НПИ – грифон.

Исследования позволили также выявить, что, кроме величины расхода воды  $Q_p$ , подаваемой на размыв, на начало процесса формирования грифона оказывают влияние высота слоя НПИ и его физико-механические свойства, в частности, коэффициент фильтрации, а также угол наклона размывающих струй  $\beta$ . Так, при увеличении заглубления грунтозаборника в НПИ для начала образования грифона требовалось пропорциональное увеличение расхода воды  $Q_p$ , подаваемой в зону размыва. Для начала процесса формирования грифона в мелкозернистом НПИ, коэффициент фильтрации которого меньше, чем у крупнозернистого НПИ, требовался больший расход воды  $Q_p$  подаваемой в зону размыва, чем для крупнозернистого, при одинаковом заглублении грунтозаборника. Увеличение угла наклона размывающих струй  $\beta$  приводило к началу формирования грифона при пропорциональном уменьшении расхода подаваемой в зону размыва воды  $Q_p$ .

Расположение всасывающего отверстия грунтозаборника на некотором критическом расстоянии  $h_c$  над размывающими струями обеспечивало при прочих равных условиях максимальную концентрацию пульпы, чем при его размещении выше или ниже этого положения.

Концентрация пульпы в зоне размыва изменялась от минимального значения – при отсутствии подачи воды на размыв НПИ ( $Q_p = 0$ ), до максимального – в момент выхода грифона на поверхность и начала обрушения НПИ ( $Q_p = Q_{p\max}$ ). При расходе

$Q_p$ , равном или несколько большем  $Q_{p\ max}$ , концентрация пульпы еще незначительно увеличивалась. При  $Q_p > Q_{p\ max}$  концентрация пульпы уменьшалась, а размеры грифона увеличивались. Очевидно, что подача в зону размыва воды с повышенным расходом ( $Q_p > Q_{p\ max}$ ) не является рациональным режимом работы и вызывает излишние потери энергии. Кроме этого, при отработке НПИ с ПП образование грифона приводит к возникновению на границе "НПИ – ПП" нарушений сплошности НПИ, – как правило, контактного размыва или фильтрационного выпора [2]. Это негативно сказывается на устойчивости ПП и приводит к их преждевременному разрушению с одновременным разубоживанием добываемого НПИ.

При подаче размывающей воды в зону размыва с расходом, меньшим некоторого минимального критического значения  $Q_p < Q_{p\ min}$ , фиксировалось затухание процесса отсасывания пульпы и забивание грунтозаборника НПИ. Такой режим также не является рациональным и приводит к невозможности ведения добычи.

Следовательно, наилучшие условия для добычи НПИ из поддонного забоя наблюдаются при подаче размывающей воды с расходом, удовлетворяющим условию  $Q_{p\ min} < Q_p < Q_{p\ max}$ . При таком режиме концентрация твердого в пульпе близка к максимально возможной в данных условиях и стабильна, слой НПИ в процессе добычи плавно опускается в забой, не образуется грифон и не происходит преждевременных нарушений сплошности на границе "НПИ – ПП". Исходя из этого, необходимо определить такое рациональное соотношение расходов в зоне размыва, при котором процесс отсоса НПИ протекает эффективно и стабильно, не образуется грифон, а скорость фильтрационного потока воды на границе "НПИ – покрывающие породы" не более размывающей скорости ПП.

Процесс добычи НПИ может начинаться при условии равенства расхода воды, подаваемой в забой, и расхода НПИ, забираемого из нее:

$$Q_t = Q_p$$

При таком режиме весь расход воды идет на замещение удаленного из зоны размыва НПИ, давление в зоне размыва равно гидростатическому давлению на глубине погружения всасывающего отверстия в массив, фильтрационный поток не образуется ( $Q_\phi = 0$ ). При этом условии процесс добычи неустойчив, разрушение НПИ размывающим струями и его поступление в зону забора не происходит. Процесс добычи быстро затухает.

Для устойчивого процесса размыва НПИ и насыщения им зоны размыва расход воды  $Q_p$ , подаваемой в зону забора, следует увеличить на некоторое значение  $Q_\phi$ .

Рассмотрим влияние восходящего фильтрационного потока и грифона на ПП. На границе "НПИ – ПП" в зависимости от типа ПП и скорости движения фильтрационный поток оказывает различное воздействие. Для устойчивых и пластичных ПП, у которых размывающая скорость выше, чем у НПИ, а коэффициент фильтрации ниже, поток движется радиально вдоль нижней границы ПП в сторону отверстия между грунтозаборником и слоем ПП и через него выходит на донную поверхность. При ламинарном режиме фильтрационного потока последний не оказывает существенного воздействия на ПП. При образовании грифона (турбулентный режим движения фильтрационного потока) происходит дополнительный размыв НПИ и ПП на их границе по направлению движения потока в сторону отверстия между грунтозаборником и слоем ПП, что ослабляет прочность ПП и может привести к преждевременному их разрушению. Для текучих ПП фильтрационный поток вызывает размыв подошвы ПП. При этом частицы текучих ПП попадают в зону размыва с опускающимся НПИ и вызывают его разубоживание.

Таким образом, рациональным следует считать такой режим добычи, при котором одновременно выполняются следующие условия:

1) движение фильтрационного потока через слой НПИ не вызывает его фильтрационного разрушения;

2) скорость фильтрационного потока на границе "НПИ-ПП" менее размывающей скорости для частиц покрывающих пород;

3) концентрация НПИ в пульпе на выходе грунтозаборника максимально возможна.

Соблюдение указанных условий возможно при обеспечении рационального соотношения объемов воды и твердого в забое с учетом потерь размывающей воды на фильтрацию.

Запишем уравнения сохранения объемов воды и твердого в забое, исходя из схемы поддонной выемки НПИ (рис. 2).

Расход основного насоса:

$$Q_n = Q_{\text{з}} + Q_p = Q_{\text{з}} + Q_{\text{вс}} + Q_{\text{ф}} \quad (1)$$

при этом  $Q_p = Q_{\text{вс}} + Q_{\text{ф}}$ ;

Зависимость между расходом отсасываемого из зоны размыва НПИ и расходом НПИ по его скелету:

$$Q'_t = Q_t \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \quad (2)$$

Производительность грунтозаборника по пульпе:

$$Q_n = Q_{\text{з}} + Q_t + Q_{\text{вс}} \quad (3)$$

Тогда фильтрационный расход из забоя определяется зависимостью:

$$Q_{\text{ф}} = Q_p - [Q_n - (Q_t + Q_{\text{з}})] \quad (4)$$

Фильтрационный расход  $Q_{\text{ф}}$ , как видно из (4), находится во взаимосвязи с расходом воды на размыв  $Q_p$ . Для определения требуемого расхода воды  $Q_p$ , подаваемой на размыв в поддонный забой с обеспечением рационального режима добычи НПИ, получена [3] зависимость для расчета критического фильтрационного расхода  $Q_{\text{ф}}^{\text{кр}}$ , под которым понимается такой, при котором начинается образование грифона:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{кр}} = \zeta \cdot \frac{g(\rho_z - \rho_o) \cdot d_{90}^2}{36 \cdot \rho_o \cdot \nu} \cdot (h + h_c + L \cdot \cos \beta)^2, \quad (5)$$

где  $\zeta$  – безразмерный коэффициент эффективной площади фильтрационного потока, для НПИ средней крупностью частиц 0,1–1,0 мм и коэффициентом фильтрации  $1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-4}$  см/с экспериментально определено значение  $\zeta = 0,113$ ;

$d_{90}$  – диаметр частиц несвязного полезного ископаемого, меньше которого по массе содержится 90 %, м;

$\rho_o$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_z$  – плотность частиц НПИ, кг/м<sup>3</sup>;

$\nu$  – кинематическая вязкость воды,  $\nu = 101 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>/с;

$h$  – высота слоя НПИ над всасывающим отверстием, м;

$h_c$  – расстояние между всасывающим отверстием грунтозаборника и началом размывающих наклонных струй, м;

$L$  – длина размывающей наклонной струи, м;

$\beta$  – угол отклонения оси размывающей струи от вертикали, градусы.

Обозначим отношение части подаваемого на размыв расхода воды  $Q_{вс}$ , всасываемой грунтозаборником из поддонного забоя в составе пульпы, и расхода воды  $Q_э$ , подаваемой на эжекцию, как коэффициент всасывания  $\delta_{вс}$ :

$$\delta_{вс} = \frac{Q_{вс}}{Q_э}. \quad (6)$$

Коэффициент всасывания  $\delta_{вс}$  характеризует эффективность формирования потока пульпы и подачи ее к всасывающему отверстию грунтозаборника. Он является параметром, определяющим энергоемкость процесса добычи. При этом расход воды  $Q_{вс}$ , подаваемой на эжекцию, определяется из условия транспортирования НПИ с заданной производительностью.

Обработка результатов экспериментальных исследований на лабораторной установке [4] с учетом разницы коэффициентов разрыхления песка лабораторной установки и натурального месторождения позволила установить значение коэффициента всасывания  $\delta_{вс} = 0,021-0,026$  при установке размывающих форсунок под рациональным углом отклонения осей от вертикали в диапазоне  $15^\circ-30^\circ$ . При таких значениях обеспечиваются стабильность процессов размыва НПИ и всасывания пульпы и наибольшая концентрация НПИ в пульпе на выходе грунтозаборника при неразмывании НПИ фильтративным потоком.

Таким образом, максимальная подача основного насоса для обеспечения работы грунтозаборника с заданной производительностью по НПИ со средней крупностью частиц 0,1–1,0 мм и коэффициентом фильтрации  $1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-4}$  см/с без образования грифона определяется зависимостью:

$$Q_n = 1,024Q_э + 0,013 \frac{g(\rho_э - \rho_о) \cdot d_{90}^2}{36 \cdot \rho_о \cdot \nu} \cdot (h + h_c + L \cdot \cos \beta)^2, \quad (7)$$

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили решить научно-техническую задачу определения основных факторов, влияющих на производительность эжекторного грунтозаборника при добыче несвязного полезного ископаемого из поддонного забоя погребенного под покрывающими породами месторождения. Установлены условия рациональной работы грунтозаборника. Исходя из указанных условий, получена зависимость для расчета необходимой подачи основного насоса, обеспечивающего работу эжекторного грунтозаборника. Полученные сведения могут быть полезны в области гидромеханизации, например, при проектировании грунтозаборных устройств для поддонной добычи песков.

### **Библиографический список**

1. **Бондаренко А. А., Кухарь В. Ю.** Обоснование параметров лабораторной установки для изучения процессов поддонной выемки грунта // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. –2002, № 13 – С. 121 – 125.
2. **Полубаринова-Кочина П. Я.** Теория движения грунтовых вод. М.: "Наука".-1977. -664 с.
3. **Запара Е. С., Бондаренко А. А., Кухарь В. Ю.** Определение расхода воды, фильтрующейся из поддонного забоя при добыче несвязного грунта // Сборник научных трудов НГУ. – 2004. – № 19, том 5. – С. 233–239.
4. **Бондаренко А. А., Кухарь В. Ю.** Обоснование параметров лабораторной установки для изучения процессов поддонной выемки грунта // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн.зб.–2002, Вип. 13(54) – С. 121 – 125.

© Кухарь В. Ю., 2006