

ТЕХНИКА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

УДК 622.27.271.5

В.П. ДРОБАДЕНКО, Н.Г. МАЛУХИН, А.М. ЛЕВ, О.А. ЛУКОНИНА

ИСПЫТАНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГРУНТОЗАБОРА АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ В НАМИБИИ

В РГГРУ разработан опытно-промышленный образец эрлифтного грунтозаборного устройства, которое было изготовлено, смонтировано, отлажено и испытано в 2004 г. на борту судна «Namibian Gem». Принципиальные отличия нового всасывающего грунтозаборного устройства с активизацией процесса пульпоприготовления в том, что его конструкция снабжена контактирующей с забоем качающейся рамой, которая осуществляет механическое рыхление донных отложений. Кроме того, с помощью насадок производилось гидровзвешивание разрабатываемых пород. В результате оценки эрлифтной установки отмечено увеличение часовой производительности в 2,9 раза, а стабильность подачи по горной массе составила $\approx 67\%$ против 12% в существующей конструкции.

Геолого-разведочные работы на морском дне шельфа Намибии ведутся посредством проходки скважин большого диаметра буровой установкой, смонтированной на судне «Zacharias».

Производительность по бурению скважин, по данным компании «NAMKO», составляет 20 скважин в сутки при диаметре бурения 1,8 м (площадь поперечного сечения забоя скважины $2,5 \text{ м}^2$) при глубине алмазосодержащей толщи 8 м. В итоге производительность опробования в процессе бурения составляет около $16,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ извлеченной горной массы.

Следует заметить, что сохранность алмазов при выемке в процессе бурения скважин большого диаметра значительно меньше, чем при всасывания эрлифтами, где фактически отсутствует какое-либо механическое воздействие на горную массу.

Выемка алмазосодержащих пород морского дна эрлифтами на судне «Namibian Gem» осуществляется двумя установками с диаметром подъемной трубы 508 и 400 мм. Производительность добычи до 100 т/ч по горной массе. Мощность продуктивной донной толщи, обрабатываемой с использованием эрлифта, составляет 4—5 м фактически, 3,5 м расчетная. Ограничение по глубине разработки, по нашему мнению, в основном связано с пассивным процессом всасывания. Всасывающий наконечник представляет собой раструб шириной по забою около 2 м и шириной щели 250 мм, который скользит по дну на выступающих ребрах — перегородках всасывающих окон, размер которых составляет $210 \times 250 \text{ мм}$.

Расход воздуха при эрлифтном подъеме с глубины 96 м $57 \text{ м}^3/\text{мин}$, при этом расчетная энергоемкость подъема 347 кВт.

Грунтозабор осуществляется за счет контакта устройства, имеющего профиль полусферы, с забоем донных отложений, в результате всасывающий поток осуществляет лишь смыв горной массы в межреберное пространство устройства.

Такая технология грунтозабора является неэффективной по следующим причинам:

1. Значительное количество воды, поступающее в эрлифт, не участвует в процессе пульпоприготовления, так как всасывающее устройство перемещается по поверхности донных отложений.

2. Необходимые скорости всасываемого потока для размыва негабаритных кусков, формирующиеся в плоскости всасывания, превышают гидравлическую крупность. Поэтому для перемещения твердой фазы, лежащей в плоскости всасывания, необходимо затратить значительно большие усилия, чем при восходящем потоке в подъемной трубе эрлифта.

3. Вода при рассматриваемой технологии всасывания, как правило, не может взвешивать частицы, а при известных условиях пригружает эти частицы. Пригружающее давление воды является главным сопротивлением, которое должно быть преодолено для приведения частиц твердого в движение в межреберном пространстве.

В РГГРУ разработан опытно-промышленный образец эрлифтного грунтозаборного устройства, которое изготовлено, смонтировано, отлажено и испытано в 2004 г. на судне «Namibian Gem».

Корабль снабжен двумя эрлифтными установками с диаметром пульпоподъемного трубопровода 500 мм, которые располагались на разных его бортах. Одна из них оснащена «традиционным» грунтозаборным устройством, работающем на судне несколько лет. Другая установка — опытное грунтозаборное устройство нового типа с маятниковым фартуком и предварительным гидровзвешиванием добываемых рыхлых пород. Кроме того, корабль снабжен обогатительным комплексом, перерабатывающим рыхлый материал с обеих эрлифтных установок одновременно. Работа эрлифтов и обогатительной фабрики обеспечивалась необходимым количеством генераторов, дизельных компрессоров и водяных электронасосов.

Новое всасывающее грунтозаборное устройство с активизацией процесса пульпоприготовления имеет ширину 2 м и 8 окон размером 180×220 мм, общей площадью, в 1,47 раз превышающей поперечное сечение подъемного трубопровода эрлифта диаметром 500 мм. Однако принципиальные отличия заключаются в том, что его конструкция снабжена контактирующей с забоем качающейся рамой, имеющей в нижней части ряд полусцилиндрических всасывающих каналов, равномерно распределенных по всему периметру рамы, предотвращающих доступ излишней воды в эрлифт.

В центральной части установлены зубья для механического рыхления, смещенные в горизонтальной плоскости одни относительно других.

Для гидрорыхления крупнозернистого материала имеются четыре напорные насадки с давлением $6 \cdot 10^5$ Па.

Конструктивные особенности нового грунтозаборного устройства определяют его основные преимущества:

1. Исключается пригружающее действие толщи воды.
2. Создаются благоприятные условия для гидровзвешивания и всасывания предварительно механически разрыхленных пород за счет гидродинамического воздействия напорных струй, истекающих из насадок со скоростью 33 м/с.
3. Скорость всасывания в плоскости грунтозабора составляет $\approx 2,7$ м/с, что позволяет перемещать и всасывать достаточно крупный материал, предотвращающий в значительной степени закупорку устройства.
4. Грунтозаборное устройство эксплуатируется в режиме всасывания «из-под слоя грунта», поэтому всасываемый поток прежде чем попасть в окна должен фильтроваться в турбулентном режиме критических скоростей через поровый объем горной массы, псевдооживая ее.

5. За счет воздействия гидроструй происходит опережающее гидровзвешивание алмазосодержащего мелкого материала вокруг больших негабаритных валунов.

6. Предлагаемое грунтозаборное устройство позволяет частично производить механическое разрушение плотика и тем самым всасывать наиболее обогащенный алмазами материал.

В табл. 1 представлены значения гидравлической крупности U_g и размывающих скоростей при гидровзвешивании материала гидравлическими струями. Таким образом, размывающие скорости для кусков твердой фазы различных размеров значительно больше гидравлической крупности в стесненных условиях всасываемого потока.

Гидродинамические и качественные показатели перемещения многофазных потоков по проточной части грунтозаборного устройства (2-фазная смесь) и эрлифта (3-фазная смесь) и на выходе из него принципиально различны, как и отличен энергетический баланс, оцениваемый по этим характеристикам. Вместе с тем основные энергетические показатели перемещаемой гидросмеси (потери давления от трения, поддержания твердой фазы во взвеси, в грунтозаборном устройстве, местные) оцениваются по расходным параметрам потока на выходе, а не по истинным в проточной части добычного агрегата по всей высоте подъемной трубы эрлифта.

Следовательно, необходимость отработки глубоководных донных отложений (где в значительной степени возрастут потери на трение), крупногалечных участков (где определяющую роль будут играть потери на поддержание твердой фазы во взвеси и в грунтозаборном устройстве) требует оценки энергетического баланса гидродобычи на основе истинной гидродинамической ситуации по длине подъемной трубы эрлифта, а не по расходным показателям потока на выходе.

Исходя из этого, проектирование эрлифтной системы гидродобычи как по производительности, так и по оценке необходимого расхода воздуха проводилось в следующей последовательности: наружное давление в плоскости всасывания грунтозаборного устройства; потери на трение в грунтозаборном устройстве и на выходе потока гидросмеси в плоскости всасывания; гидростатическое давление от веса гидросмеси во всасывающей линии эрлифта; полные потери давления 2-фазного потока гидросмеси во всасывающей линии эрлифта; динамическое давление, создаваемое эрлифтом в процессе его работы; гидростатическое

Таблица 1

Геометрические и динамические параметры струи при гидровзвешивании

Размер кусков d_m , мм	50	100	150	200	250	300
Скорость свободного падения U_g , м/с	1,57	2,21	2,7	3,1	3,5	3,83
Скорость стесненного падения $U_{ст}$, м/с	1,26	1,77	2,2	2,48	2,8	3,0
Размывающая скорость $U_{разм}$, м/с	2,6	3,65	4,46	5,1	5,8	6,32
Расстояние до забоя L 0,40 м						
Осевая скорость $U_{ос}$, м/с	14,35	14,35	14,35	14,35	14,35	14,35
Средняя скорость $U_{ср}$, м/с	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Диаметр струи в контакте с забоем $D_{ср}$, мм	223	223	223	223	223	223
Расстояние до забоя L 0,25 м						
Осевая скорость $U_{ос}$, м/с	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
Средняя скорость $U_{ср}$, м/с	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Диаметр струи в контакте с забоем $D_{ср}$, мм	168	168	168	168	168	168

давление от веса 3-фазной смеси (вода+твердая фаза+ газ) над смесителем эрлифта.

Составление баланса давлений по длине проточной части эрлифта и последующий расчет показал, что минимально необходимый расход воздуха для эффективной работы эрлифта (V_0) должен быть не менее 96 м³/мин.

Производительность эрлифта (Q) по гидросмеси при глубине отработки 100 м составляет 2800 м³/с, а при глубине отработки 50 м — 2600 м³/с.

Основные технические данные нового грунтозаборного устройства представлены в табл. 2.

Основная цель испытаний — обеспечение максимальной часовой производительности при добыче гравийно-галечно-глинисто-песчаных алмазосодержащих пород. Испытания проведены на шельфе Атлантического океана (Намибия). Участки размером 250×200 м выбирались по следующим критериям: глубина залегания, характер геологического строения и наличие фактических данных опробования рыхлых донных отложений, мощность и содержание алмазов. Выбрано шесть участков на разных глубинах: 45—50; 65—70; 90—95 м, при мощности отложений от 1,5 до 5 м. Характер геологических разрезов рыхлых отложений, их глубины залегания, содержание алмазов и параметры отобранных проб фиксировались в геологических колонках, построенных по данным шарошечного бурения.

Необходимо отметить, что на корабле не было измерительной аппаратуры для определения количества твердого материала, поступающего по эрлифтным установкам на решетки виброгрохотов. Поэтому наблюдение за работой эрлифтных установок и количеством твердого обломочного материала, поступающего с них, проводилось визуально и с помощью видеосъемки за поступлением поднимаемой горной массы на грохот за определенный промежуток времени.

В ходе испытаний проведена независимая экспертная оценка поступления горной массы на вибрационный грохот, в том числе учитывался гранулярный состав по ранее составленному геологическому разрезу в 2000—2002 гг.

Производительность оценивалась также в процентах: 0% — пустой грохот, 100% — грохот, полностью заполненный одним слоем твердого материала (без наложения кусков), 200% — грохот с двумя слоями и т. д. Производительность оценивалась по классу —12+1,6 мм, хотя учет по «просеянной» фракции занижал объем горной массы. Как известно, любой грохот рассчитан на определенную производительность над- и подрешетного материала, поэтому ее увеличение приводит к накапливанию на грохоте материала и, как следствие, к сливу (потерям) «рабочей» фракции —12 мм.

В ходе испытаний интенсивность поступления материала была различной, а плотность его на сите изменялась от слабой (грохот закрыт обломочным материалом на 15—20%), средней (25—45%), сильной (50—80%) до сплошной (100%) «ковровой» дорожки толщиной от 5—6 до 20—25 см. При этом грохот на последних 3 м длины и по всей его ширине закрыт обломочным материалом полностью. Как правило, «ковровая» дорожка появлялась, когда грунтозаборное устройство углублялось в песчаный щебнисто-глыбово-дресвяный слой и продолжалось до контакта с плитком.

В табл. 3 представлены расчетные часовые производительности нового грунтозаборного устройства, вычислен-

Технические данные нового грунтозаборного устройства

Производительность эрлифта, м ³ /ч	2500±300	
Диаметр эрлифтной трубы, мм	500	
Максимальная глубина, м	100	
Гидрорыхление: подача Q_p , м ³ /ч	450	
напор у насадок, м вод. ст.	60	
количество насадок, шт	4	
среднее расстояние от насадки до забоя, мм	50	
скорость в щелях при подсосываемом расходе $Q_n = Q_{\text{сум}} - Q_p = 2800 - 450 = 2350$ м ³ /ч	6,5	
Способ рабочих перемещений водогрунтоприемника	Маятниковый за счет горизонтальной составляющей в подвеске, без перекрытия ранее отработанного участка или с перекрытием, но без водогрунтозаборника	Вертикальный, с периодическим горизонтальным перемещением после отрыва водогрунтоприемника от забоя, без перекрытия ранее отработанного участка
Зона контакта водогрунтозаборника с забоем:		
Длина, м	2,1	
Ширина, м	0,5	
Площадь, м ²	1,0	
Размер решетки в горловине всасывающего оголовка в свету, мм	180×200	
Масса водогрунтоприемника, кг	2070	2090

ные по данным хронометражных наблюдений, которые показали, что степень загрузки виброгрохотов была нестабильной. Так, многослойная загрузка при работе нового грунтозаборного устройства наблюдалась чаще (49% рабочего времени против 8% у существующего). Слабая загрузка означает, что материал закрывает 15% решеток, средняя — 50%, сильная — 100%, многослойная — 200% и более.

Таким образом, результаты проведенных испытаний, основанных на различных экспертных оценках производительности эрлифта с новым грунтозаборным устройством показали увеличение часовой производительности по твердой фазе в среднем в 2,9 раза; продолжительность (стабильность подачи) высокой часовой производительности по горной массе составляет ≈67% против 12% в старой конструкции.

Российский государственный геологоразведочный университет
Рецензент — В.В. Алексеев