УДК 622.271.5

Д.В.СМИРНОВ
аспирант кафедры конструирования горных машин и технологии машиностроения

ПРИДОННОЕ УСТРОЙСТВО ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ СО ДНА МИРОВОГО ОКЕАНА И РАСЧЕТ ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

После распада СССР основная часть месторождений марганцевых руд оказались за пределами Российской Федерации, что привело к возникновению проблемы обеспечения промышленности собственным марганцевым сырьем. Альтернативным источником марганцевой руды могут стать шельфовые месторождения железомарганцевых конкреций (ЖМК). В настоящее время во всем мире представлено большое число механизмов для разработки морского дна, но все они обладают некоторыми недостатками. Одним из главных их недостатков является трудность или полная невозможность ведения добычных работ на больших глубинах.

After disintegration of the USSR the basic part of deposits of manganese ores appeared to be outside the Russian Federation that has led to occurrence of a problem of maintenance of the industry by own manganese raw material. An alternative source of manganese ore can become shelf deposits of manganese nodules. Now all over the world the great number of mechanisms for development of sea-bottom is submitted, but they all of them possess have some lacks. One of their main lacks is difficulty or full impossibility of conducting production works on the big depths.

В настоящее время РФ обладает шельфовыми месторождениями ЖМК, находящимися в Балтийском, Баренцевом, Карском и Белом морях и являющимися потенциальным сырьевым источником для металлургической промышленности Северо-Запада.

В настоящее время известно значительное число патентов, предложений, планов, проектов, экспериментальных и опытно-промышленных конструкций – установок для добычи конкреций со дна океана, которые можно разделить на два основных класса: механические и гидравлические.

Недостатками механических устройств являются:

- при использовании канатно-ковшовых устройств тралового типа – низкая производительность, связанная с цикличностью работ и извлечением большого объема пустой породы, а также возможность проведения работ только на плоском дне без препятствий (расщелины, валуны и т.д.) с рыхлыми донными поверхностями;[*]
- при использовании канатно-ковшовых устройств с «бесконечным» канатом на малых и средних глубинах – плохое заполнение ковшей из-за их свободного протаскивания по дну и, как следствие, низкое качество отработки месторождения; на больших глубинах – уменьшение петли канатно-ковшовой системы в размерах, приводящее к резкому снижению производительности; сильное экологическое загрязнение акватории.[**]

Недостатками гидравлических устройств являются сложности при работе на плотных грунтах без механических рыхлителей, износ насосов и трубопроводов твердыми частицами, большая замутненность в зоне проведения работ.[***]

---

[*] *Добрецов В.Б.* Основные вопросы освоения минеральных ресурсов мирового океана / В.Б.Добрецов, В.А.Рогалев; МАНЭБ. СПб, 2003. 524 с.

[**] *Лобанов В.А.* Справочник по технике освоения шельфа. Л.: Судостроение, 1983. 288 с.

[***] Там же.

На кафедре конструирования горных машин и технологии машиностроения разработано новое добычное устройство. Оно состоит из надводного судна, на котором размещено все энергооборудование, системы управления, жилые и рабочие отсеки, команда специалистов и рабочий персонал; транспортирующего устройства, представляющего собой бесконечно замкнутую конвейерную ленту с ковшами-поплавками, равномерно распределенными вдоль ленты и промежуточными приводами, обеспечивающими необходимое тяговое усилие ленты при работе на большой глубине и предотвращающие ее разрыв из-за перенапряжения; добычного устройства в виде роторного колеса с полостями разряжения.

Общий вид части добычного устройства на примере подъема плоского образца представлен на рис.1 (приведение более детальной схемы конструкции невозможно из-за использования этих материалов для патента). На рис.1 $P_{нар}$ – наружное давление, зависящее от глубины и действующее на данную систему со всех сторон; $P_{кам}$ – давление в камере, которое меньше наружного давления и создается насосом посредством откачки воды из полости камеры, а благодаря разности давлений $P_{нар} - P_{кам}$ исследуемый образец прижимается к камере; $S_{нат}$ – натяжение в тросе при подъеме всей системы, создаваемое сопротивлением движения воды, весом системы, равнодействующей силы реакции струи выходных сопел; G – вес образца; $P_{стр}$ – сила реакции выходной струи; выходы сопел направлены вверх и в стороны для того, чтобы их равнодействующая была направлена вертикально вниз и при начале работы (камера находится непосредственно над образцом) обеспечивала прижатие камеры к образцу. Отверстия представляют собой неровности стыка камеры и образца (на практике – пространство между отверстиями поверхности камеры разряжения и поднимаемых конкреций) и выполняют функцию дросселя, установленного перед насосом.

Представим основную систему уравнений для расчета исследуемой системы:

$$\begin{cases} P_{нар} - P_{кам} = P_0 + \rho g B_1 Q + \rho g B_2 Q^2; \\ Q = \beta S \sqrt{\dfrac{2}{\rho}\left(P_{нар} - P_{кам}\right)}, \end{cases} \qquad (1)$$

где $P_{нар} = \rho g H$ – наружное давление на систему, Па; $P_{кам}$ – давление в камере, Па; $P_0 + \rho g B_1 Q + \rho g B_2 Q^2$ – характеристика насоса; Q – расход воды, м^3/с; β – коэффициент

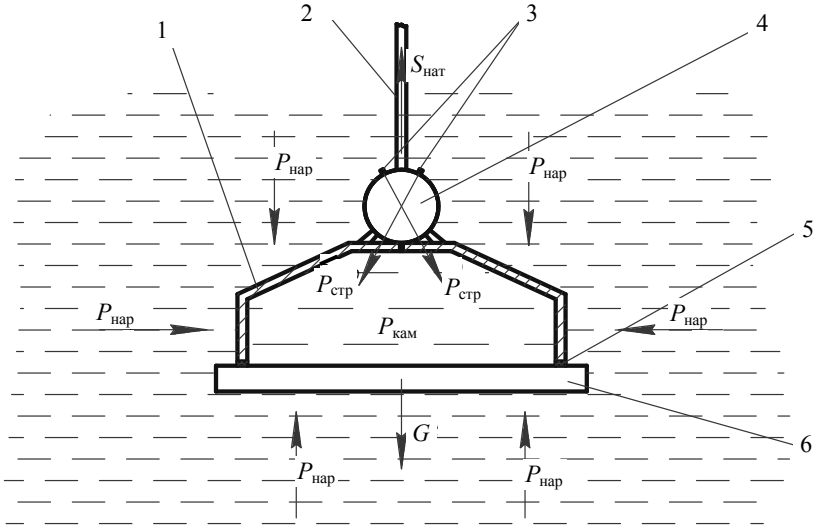


Рис.1. Принцип действия добычного органа с полостями разряжения

1 – корпус камеры; 2 – подъемный трос; 3 – выходные сопла; 4 – насос; 5 – отверстия; 6 – транспортируемый образец

расхода воды; S – площадь отверстия, через которое поступает вода (площадь отверстия дросселя), м^2; ρ – плотность воды, кг/м^3.

Из (1) определим расход воды Q, разность давлений $\Delta = P_{нар} - P_{кам}$ и давление в камере $P_{кам}$:

$$Q = \frac{-\rho g B_1 - \sqrt{\rho^2 g^2 B_1^2 - 4\rho g B_2 P_0}}{2\rho g B_2}; \qquad (2)$$

$$\Delta = \frac{-2P_0 g\beta^2 s^2 + \rho g^2 B_1^2 \beta^2 s^2}{(2gB_2\beta^2 s^2 - 1)^2} +$$

$$+ \frac{gB_1\beta s\sqrt{\rho(\rho g^2 B_1^2\beta^2 s^2 - 4P_0 gB_2\beta^2 s^2 + 2P_0)}}{(2gB_2\beta^2 s^2 - 1)^2}; \qquad (3)$$

$$P_{кам} = [(4g^2 B_2^2\beta^4 s^4 P_{нар} - 4gB_2\beta^2 s^2 P_{нар} -$$

$$- P_{нар} + 2P_0 gB_2\beta^2 s^2 - P_0)(2gB_2\beta^2 s^2 - 1)^{-2}] -$$

$$- \left[\rho g^2 B_1^2\beta^2 s^2 - gB_1\beta s \times \right.$$

$$\left. \times\sqrt{\rho(\rho g^2 B_1^2\beta^2 s^2 - 4P_0 gB_2\beta^2 s^2 + 2P_0)}\right]^{-2} \qquad (4)$$

Примем начальные условия: насос – ЦНС180-85-425; коэффициент расхода $\beta = 0{,}7$; плотность морской воды $\rho = 1030$ кг/м^3; номинальная глубина $H = 100$ м. Из формул (1) и (2) рассчитаем зависимость разности давления от расхода воды при различных сечениях дросселя (рис.2).

При $S = 0{,}005$ м^2 зависимость не показана из-за малого значения расхода воды.

Если принять, что расход Q, площадь отверстия дросселя S и разность давлений Δ постоянны, зависимость давления от глубины погружения может быть представлена следующим образом:

H, м	40	48	48,5	56	64
$P_{нар}$, кПа	404,2	485,1	490,1	565,9	646,7
$P_{кам}$, кПа	-85,9	-5,1	0	75,8	156,6
H, м	72	80	88	100	
$P_{нар}$, кПа	727,6	808,3	889,2	1010,4	
$P_{кам}$, кПа	237,5	318,3	399,1	520,4	

Таким образом, при подъеме рассматриваемой системы с глубины 100 м и достижении глубины в 48,5 м давление в камере падает до нуля и в этот момент насос не может обеспечить необходимой разности давления для работы системы.

Данную проблему можно разрешить несколькими способами:

- заменить используемый насос на насос с меньшим напором при нулевой подаче H_0;
- уменьшить разность давлений Δ (рис.2), изменяя площадь отверстия дросселя.

Главной особенностью использования гидростатического привода является существенное повышение тягового усилия. В связи с этим реализация представленного агрегата для добычи конкреций морского

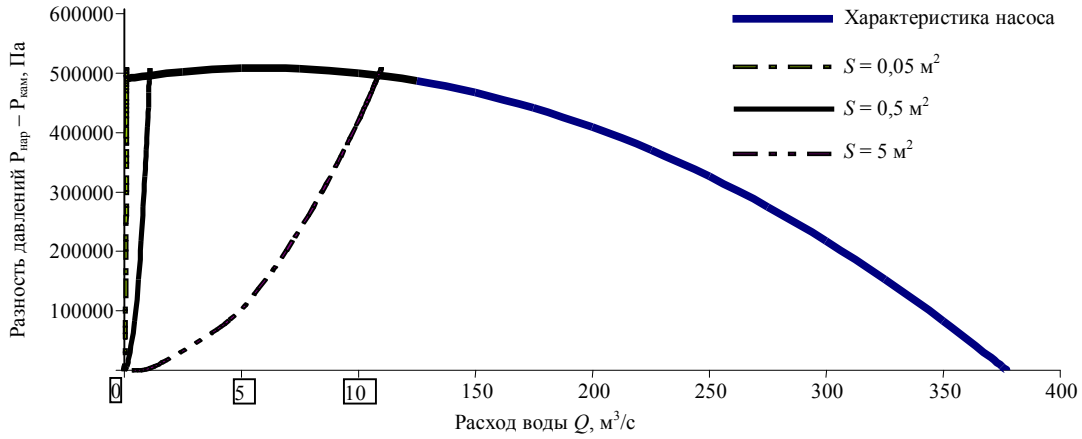


Рис.2. Характеристики насоса и дросселя на глубине 100 м

дна позволит вести разработку залежей ЖМК на больших глубинах (теоретически 1000-1500 м), что, безусловно, является большим преимуществом, так как в настоящее время практически отсутствуют технические средства, способные вести работы на подобных глубинах. Использование в качестве исполнительного органа роторного колеса с полостями разряжения способствует добыче ЖМК в широких пределах глубин (на глубинах менее 45 м нет необходимости создавать большую разность давлений в камере и снаружи, так как масса конкреций относительно невелика), снижает уровень загрязнения водного пространства в зоне ведения работ по добыче конкреций морского дна, что существенно важно для обеспечения экологической безопасности водного пространства. Это наиболее актуально при ведении добычи конкреций с небольших глубин, например при разработки поля ЖМК Балтийского моря.

Научный руководитель д.т.н. проф. Д.А.Юнгмейстер