

УДК 622.24.085

О. И. Калиниченко¹, д-р техн. наук; А. В. Хохуля¹, П. Л. Комарь¹, М. Ю. Тельбиш¹,
И. И. Мартыненко², канд. техн. наук

¹Донецкий национальный технический университет, Украина

²Государственная служба геологии и недр Украины, г. Киев

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕГКИХ ГИДРОУДАРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ БУРЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ

Приведены результаты разработки и применения нового бурового снаряда для бурения инженерно-геологических скважин в сложных геологических условиях

Ключевые слова: бурение, инженерно-геологическая скважина, погружной гидроударный буровой снаряд.

Легкие гидроударные установки типа УМБ, созданные в Донецком национальном техническом университете в начале 2000 г, удерживают передовые позиции в отечественной практике бурения инженерно-геологических скважин на морских акваториях. В последнее десятилетие область применения таких установок значительно расширилась. Постоянное совершенствование и практическая реализация технических предложений и технологической схемы бесколлонной многорейсовой проходки скважин обеспечили возможность проведения изысканий установками на глубине до 50 м с борта неспециализированных судов с ограниченным набором оборудования (буровая лебедка, насос, штатная грузовая стрела) [1].



Рис. 1. СПБУ «Петр Годованец» в порту ГАО «Черноморнефтегаз»

В большинстве случаев применение установок типа УМБ позволяет выполнять комплексные показатели в соответствии с основными геолого-методическими и эксплуатационно-техническими требованиями к бурению инженерно-геологических скважин на шельфе. Основные технические и технологические ограничения связаны с возможностью выполнения работ только в породах I–IV категорий по буримости. В ряде случаев при достижении твердых глин, известняка и прослоек песчаника процесс бурения существенно ограничивался либо становился невозможным. Вместе с тем, повышающиеся требования к инженерно-геологическим изысканиям обусловили поиск решений, связанных с расширением возможностей установок типа УМБ и направленных на повышение эффективности бурения скважин в более твердых породах.

Для отечественного морского бурового производства, прежде всего ГАО «Черноморнефтегаз» при отсутствии альтернативы использования собственных неспециализированных судов расширение диапазона категорий пересекаемых по разрезу скважины пород имеющимися в техническом парке предприятия установками УМБ-130 и УМБ-130М, стало неизбежным.

Приобретение Украиной СПБУ «Петр Годованец» (рис. 1), более мощной и габаритной по сравнению с работающими в Азовском и Черном морях СПБУ «Сиваш» и

«Таврида», уже на этапе обеспечения нормативных условий ее постановки на рейде, в порту и местах отстоя обусловило необходимость поиска и инженерной подготовки соответствующих площадок в порту и прилегающей акватории Черного моря. В условиях ограниченной избирательности средств и оборудования, имеющихся в ГАО «Черноморнефтегаз» в виде установок УМБ, вопрос о выборе технической основы выполнения буровых работ не дискутировался. Однако уже на этапе предварительной оценки горно-геологических условий участка изысканий стало очевидным, что достигаемые выходные характеристики УМБ и прежде всего погружного гидроударного бурового снаряда ПБС-127 как основного исполнительного элемента установок с учетом особенностей реализации технологической схемы бесколонного бурения при ограниченных параметрах привода могут оказаться значительно меньше эксплуатационной необходимости.

Относительно геологии донные отложения на выделенных рабочих площадках имеют довольно сложное строение, с чередованием ила, песка, твердых и пластичных глин, гравия, тонких прослоек и мощных слоев известняка. Характерная особенность проектных разрезов по скважинам состояла в том, что концентрация в них разных слоев твердой породы могла наблюдаться на коротком интервале (4–10 м). Традиционно в отмеченных условиях производства бурение выполняли вращательным способом с использованием буровых судов. Установка типа УМБ-130 такую задачу ранее не решали. Вместе с тем граничный уровень возможностей и потенциал установок в полной мере оценены не были. Как правило, определяющими для назначения области применения УМБ являлись показатели фактической производительности установок на обработанных участках изысканий. Новые требования обусловили более детальный анализ механизма разрушения пород с приведением в соответствие прочностных характеристик пород с необходимым уровнем частотно-силового воздействия ПБС на разрушаемую среду. При этом сложность решаемой проблемы обуславливалась не столько горно-геологическими факторами, сколько технологическими и техническими трудностями, в большей степени связанными с необходимостью периодического форсирования работы гидроударного механизма ПБС при пересечении твердых пород. Для исходного исполнения ПБС-127 без ограничивающих факторов необходимое условие достигается за счет увеличения расхода жидкости. Однако такой способ, в свою очередь, являлся предпосылкой повышения гидравлической нагрузки на гидросистему с большой вероятностью нарушения настроечных параметров пусковых узлов ПБС, которые, по сути, обеспечивают многорейсовую технологическую схему бурения скважины с комбинированным способом разрушения пород на отдельных ее интервалах [2].

Сложность реализации поставленной задачи усиливалась также целым рядом факторов, связанных с эксплуатационными, параметрическими и габаритными ограничениями относительно применяемого приводного оборудования и выполнением производственных операций в морских условиях. Существенным недостатком буровых снарядов ПБС-127 являлось заложенное соотношение параметров гидродвигателя которое обеспечивало достаточные частотно-силовые характеристики при расходе жидкости 300–350 л/мин и давлении в системе 3,5–4,5 МПа. Нередко при энергетической зависимости от ограниченной мощности судового энергоисточника и наличии фиксированного настроечного диапазона подачи насоса для срабатывания пусковых узлов (450–500 л/мин) отмеченный уровень привода являлся не только предельно допустимым, но и невозможным. Кроме того, с учетом наличия на предприятии довольно эффективного технологического и вспомогательного оборудования – установок УМБ-130 и УМБ-130М, усовершенствованный гидроударный буровой снаряд должен был вписываться в механическую структуру и технологическую схему многорейсового бурения скважин отмеченными типами установок. Несмотря на то что такие требования сужали характер исследований и опытно-конструкторских работ, усилиями ученых ДонНТУ при содействии специалистов ООО «Компания» Юговостокгаз» в главном проблема была решена. Новый агрегат с индексом ПБС-2М без изменения средств спуска (подъема) и стабилизации в

вертикальном положении на дне явился эффективной технической основой бурения целевых скважин в отмеченных горно-геологических условиях.

Позициями совершенствования буровых снарядов явились элементы широко применяемых агрегатов ПБС-127 [1], эксплуатационные показатели которых требовали новых решений технологического, инженерного и научного характера.

В основу решения проблемы повышения частотно-силовых характеристик гидроударника были положены результаты исследований кинематической и параметрической оптимизации ПБС [3]. При этом в процессе разработки ПБС-2М была сохранена структурная и кинематическая связь его элементов: гидроударник с насосным блоком; пусковые узлы верхний (ВПУ) и нижний (НПУ); колонковый набор (КН) [1].

В результате комплексного учета рекомендаций, полученных на этапе синтеза ПБС, выбраны новые показатели и соотношения рабочих и конструктивных параметров гидродвигателя гидроударной машины с уменьшенной рабочей площадью поршня 8 (рис. 2). Учитывая, что гидроударный механизм используемых буровых снарядов является объемной машиной двойного действия, такой подход к решению задачи обусловил возникновение новых проблем, связанных с необходимостью уменьшения размеров гидродвигателя. Характерной особенностью распределительных узлов гидродвигателя таких машин является наличие в нем большого количества уплотнений, перепускных каналов и камер. Поэтому механическое уменьшение размеров цилиндра и как следствие сечений потока жидкости в каналах распределительных элементов двигателя исключалось из-за резкого увеличения гидравлического сопротивления в камерах гидроударника. Для устранения отмеченного препятствия в гидроударнике применена составная распределительная коробка 6 (см. рис. 1) с впускным клапаном 5. Это позволило более чем на 20 % относительно ранее используемых распределительных элементов гидродвигателя ПБС-127 увеличить размеры сечений для прохода рабочих потоков в камеры гидродвигателя. В целом принятые при разработке ПБС-2М решения позволили снизить гидравлическую нагрузку в системе привода с практически сохраненными показателями силовых параметров относительно ПБС-127 (см. таблицу).

Рабочие параметры буровых снарядов ПБС-2М и ПБС-127

Параметр	ПБС-2М		ПБС-127	
	Расход жидкости, л/мин			
	180	220	280	300
Рабочее давление, МПа	2,4	3,8	3,2	3,8
Энергия единичного удара, Дж	116	186	146	174
Частота ударов бойка в мин	1380	1700	1800	1950
Мощность привода гидроударника, кВт	7,2	13,5	15	19

Принципиально были изменены также пусковые узлы ПБС-2М, в которых запорное устройство выполнено в виде концентрично установленных относительно друг друга подпружиненного поршня 2 и клапана 3 (ВПУ) и идентичного исполнения НПУ (подпружиненный поршень 12 и клапан 13). Одноэлементная конструкция узлов позволила не только упростить их настройку на заданный рабочий диапазон расхода жидкости (за счет изменения предварительного сжатия пружины), но и существенно повысить надежность синхронного срабатывания ВПУ и НПУ. Одновременно была обеспечена возможность многократного блокирования (разблокирования) гидроударника (ГУ) при необходимости изменения способов разрушения пород на проходимом интервале скважины: *с отбором керна* за счет частотно-ударного погружения бурового снаряда в осадки на заданную глубину (положение пусковых узлов соответствует рис. 2, б); *без отбора керна* за счет размыва пород на ранее пройденном без крепления интервале ствола скважины (положение пусковых узлов соответствует рис. 2, а).

На рис. 3 приведены характерные образцы керна, поднятого при проходке интервалов

скважин, пробуренных в районе изысканий.

В процессе совершенствования буровых снарядов предусматривались также некоторые инженерные решения, суммарная значимость которых предопределила новый уровень надежности ПБС-2М. Так, включение в состав ВПУ дифференциального поршня-делителя 1 позволило улучшить условия очистки ствола скважины над буровым снарядом на фазе пробоотбора без повышения гидравлической нагрузки на гидроударник. При подаче насоса значительно больше необходимой для работы гидроударника делитель 1 своими каналами совмещает напорную магистраль со стволом скважины, при этом часть жидкости, количественно соответствующая номинальному расходу для работы гидроударника, направляется в рабочие камеры механизма. Остальная часть жидкости перепускается в скважину над ПБС. Это решение обеспечило эффективный размыв и очистку ствола скважины на фазе пробоотбора, что снизило усилие извлечения ПБС и практически исключило вероятность прихвата бурового снаряда, особенно при прохождении мощных участков песка после окончания рейса с отбором керна [2].

Принятие такого инженерного решения, как размещение обратного клапана 4 в линии выхода отработанной в гидродвигателе жидкости, обеспечило гарантированную защищенность гидродвигателя от попадания в него абразивных частиц шлама в период спуска в скважину и на фазе размыва пород.

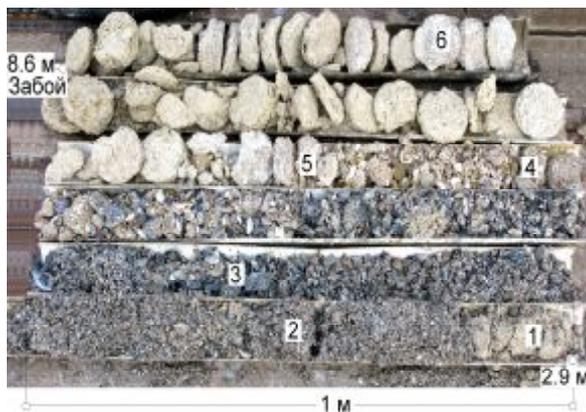
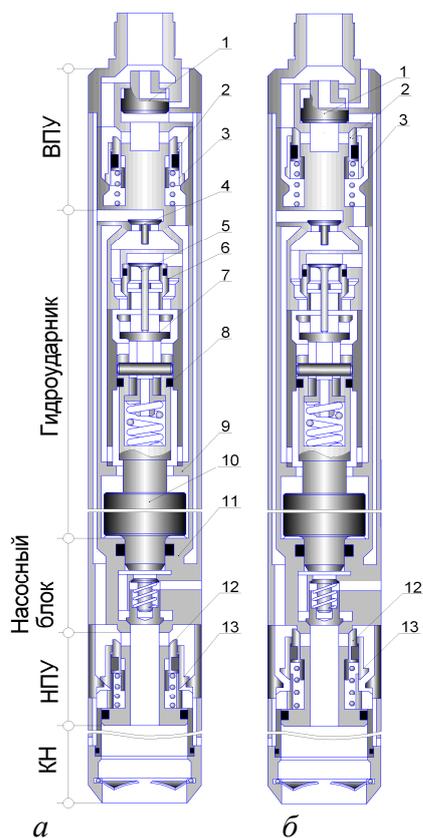


Рис. 2. Схема погружного бурового снаряда ПБС-2М: 1 – делитель; 2, 12 – поршень ВПУ и НПУ; 3, 13 – клапан ВПУ и НПУ; 4 – обратный клапан; 5, 7 – впускной и выпускной клапаны ГУ; 6 – клапанная коробка; 8 – поршень ГУ; 9, 11 – верхняя и нижняя наковальни ГУ; 10 – боек

Рис. 3. Общий вид керна по интервалу скважин № 2 и 8: 1 – песок м-з средней плотности; 2 – песо-ракушечни; 3 – песок раковинно-детритовый; 4 – суглинок полутвердый с галькой, гравием и щебнем; 5, 6 – известняк; 7 – песчаник детритовый; 8 – суглинок тяжелый; 9 – галька с обломками известняка.

В итоге значимость принятых решений была подтверждена высокой продуктивностью ПБС-2М при выполнении инженерно-геологических изысканий с борта судна сопровождения СС/СНН «Нафтогаз-68» на площадках отстоя и постановки СПБУ «Петр Годованец» на рейде и в порту ГАО «Черноморнефтегаз» (см. рис. 1).

Впервые в отечественной и мировой практике с помощью легкой установки УМБ-130, укомплектованной донной опорой конструкции ООО «Компания «Югостокгаз» и снарядом ПБС-2М, с применением заборной технологической схемы эксплуатации на участке изысканий были пробурены 23 скважины глубиной 6–27 м. Длина рейса составляла 3–6 м. При этом более 30 % пород, пересекаемых по геологическому разрезу скважин, были представлены твердыми глинами и известняком. На промежуточных интервалах ряда скважин встречались прослойки песчаника, слои песка с гравием и галькой с переходом в известняк, глину или тяжелый суглинок. Глубина моря в районе работ составляла 7–22 м.

Вывод

По оценкам геологической службы ГАО «Черноморнефтегаз», важность полученных результатов заключалась не только в возможности бурения скважин в условиях уникальности геологического разреза, но и обеспечении высокого качества опробования с достижением выхода керна по глинистым породам 100 %; по остальным породам, в том числе пескам различного гранулометрического состава составляла 88–95 %.

Наведено результати розробки та використання нового бурового снаряду для буріння інженерно-геологічних свердловин у складних геологічних умовах.

Ключові слова: буріння, інженерно-геологічна свердловина, заглибний гідродарний буровий снаряд.

Refer to the result of elaboration a new drill string and its appliance for boring of engineering-geological holes under difficult geological conditions.

Key words: drilling, engineering-geological holes, submersible hydraulic hammer drilling projectile.

Литература

1. Калиниченко О. И., Зыбинский П. В. Каракозов А. А. Погружные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе. – Донецк: Вебер, Донец. отд., 2007. – 270 с.
2. Калиниченко О. И., Хохуля А. В. Основные проблемы и пути совершенствования техники и технологии многорейсового бурения скважин на морских акваториях // Наук. віс. НГУ: Наук. техн. журн. – Дніпропетровськ, 2009. – № 7. – С. 45–50.
3. Калиниченко О. И. К вопросу оптимизации гидроударных погружных буровых снарядов для однорейсового бурения подводных скважин // ДонДТУ. Сер. гірничо-геологічна. – Донецьк: ДонДТУ, 2002. – № 45. – С. 44–50.

Поступила 12.06.12