



УДК 622.24

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ГЛУБОКИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МОРСКОГО ШЕЛЬФА

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF DRILLING DEEP ENGINEERING AND GEOLOGICAL WELLS IN THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS OF THE OFFSHORE

Каракозов Артур Аркадьевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой технологии и
техники бурения скважин,
Донецкий национальный
технический университет
artur.a.karakozov@mail.ru

Парфенюк Сергей Николаевич

старший преподаватель
кафедры технологии и
техники бурения скважин,
Донецкий национальный
технический университет

Аннотация. Приведены результаты разработки и совершенствования технических средств и технологии бурения инженерно-геологических скважин при освоении нефтегазовых месторождений морского шельфа.

Ключевые слова: шельф, освоение нефтегазовых месторождений, инженерно-геологические изыскания, бурение скважин, пробоотбор.

Karakozov Artur Arkadevich

Ph.D., Associate Professor,
Head of the Department of Well
Drilling Technology and Engineering,
Donetsk National Technical University
artur.a.karakozov@mail.ru

Parfenyuk Sergey Nikolaevich

Senior Lecturer,
Department of Well Drilling
Technology and Engineering,
Donetsk National Technical University

Annotation. The results of the development and improvement of technical tools and technology for drilling geotechnical wells in the development of offshore oil and gas fields are presented.

Keywords: shelf, development of oil and gas fields, engineering and geological surveys, drilling, sampling.

Российская Федерация и другие страны СНГ стремительно наращивают объёмы добычи нефти и газа на морском шельфе. Активное освоение месторождений Черного, Азовского, Каспийского и Охотского морей сопровождается масштабными работами по бурению разведочно-эксплуатационных скважин, добыче и транспортировке углеводородного сырья по морским трубопроводам. В связи с этим также необходимо выполнять большие объёмы инженерно-геологических изысканий, с целью определения механических характеристик донных грунтов, являющихся основанием для морских сооружений нефтегазового комплекса. Основой этих изысканий является бурение инженерно-геологических скважин, в том числе и глубоких – до 100 м.

Работы, проведенные в Донецком национальном техническом университете (ДонНТУ), показали, что увеличение производительности бурения глубоких инженерно-геологических скважин реализуется за счёт использования гидроударных буровых снарядов (ГБС) [1], которые хорошо зарекомендовали себя при проходке скважин глубиной до 50 м автономными установками типа УМБ-130М. На этой основе была разработана технология поинтервального бурения инженерно-геологических скважин в породах песчано-глинистого комплекса с самоподъемных буровых установок (СПБУ) и буровых судов (рис. 1), реализованная на крымском шельфе [2–4]. При бурении этих скважин отбор монолитов в мягкопластичных грунтах производится вдавливаемыми пробоотборниками, а отбор монолитов и проб в плотных, полутвердых глинистых грунтах и песках различной плотности – гидроударными буровыми снарядами ПБС-110.

Суть технологии заключается в следующем. Сначала с СПБУ или бурового судна спускается колонна обсадных труб диаметром 219–245 мм. Её башмак устанавливается на расстоянии 1,5–2 м от дна моря. При наличии сильных течений башмак колонны заглубляется в грунт для предотвращения её вибрации и изгиба.

В неё опускают колонну обсадных труб диаметром 146 мм, предназначенную для крепления скважины в процессе углубки. Если первый рейс по отбору пробы проводится снарядом ПБС-110, то колонну останавливают на расстоянии 0,5 м от дна во избежание его заклинивания в обсадных трубах. Если же при первом рейсе используется вдавливаемый пробоотборник, то колонну опирают на дно.



При первом рейсе ПБС-110 с разъединителем спускается на бурильной колонне диаметром 73 мм до касания с дном. К верхней части бурильной колонны присоединяется вертлюг с нагнетательным шлангом для подачи рабочей жидкости (морской воды) от бурового насоса к снаряду. Запускается буровой насос, морская вода подается в ПБС-110, и производится бурение на заданную длину рейса (не более 3 м). Затем гидроударник выключается, ПБС-110 на бурильных трубах поднимается на палубу, и из его колонковой трубы извлекается керн. Затем обсадная колонна диаметром 146 мм заглубляется в грунт на длину первого рейса.

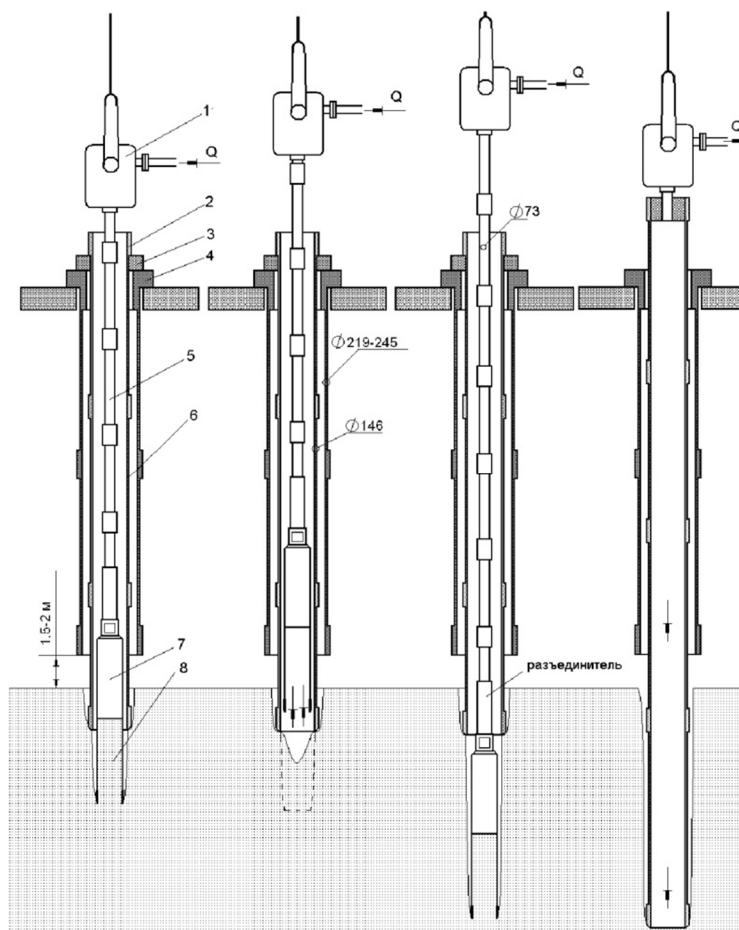


Рисунок 1 – Технологическая схема поинтервальной проходки скважин с использованием гидроударных буровых снарядов ПБС-110:
 1 – вертлюг; 2 – муфта обсадной колонны Ø 146 мм; 3 – хомут;
 4 – головка обсадной колонны Ø 219–245 мм; 5 – бурильные трубы Ø 73 мм;
 6 – обсадная колонна Ø 146 мм; 7 – ПБС-110; 8 – керн; Q – подача жидкости

Второй и последующие рейсы ПБС-110 выполняются в следующей последовательности. Снаряд спускается в скважину на бурильной колонне до момента начала разгрузки инструмента. Если она произошла раньше отметки забоя, то это свидетельствует о частичном обрушении стенок скважины. Тогда к верхней бурильной трубе присоединяется одна или несколько труб с вертлюгом таким образом, чтобы при дальнейшей подаче вниз обеспечивалась установка ПБС-110 на забой и углубка на длину рейса. Запускается буровой насос, и жидкость подается в ПБС-110 с расходом, необходимым для срабатывания его нижнего пускового узла, который обеспечивает размыв обрушившихся пород на забое скважины. В таком режиме ПБС-110 достигает отметки, расположенной на 0,1 м выше глубины забоя скважины. После этого насос кратковременно выключается, нижний пусковой узел возвращается в исходное положение, обеспечивающее отбор пробы. Питателем в нагнетательную линию сбрасывается шариковый клапан. Буровой насос снова включается, срабатывает верхний пусковой узел и запускается гидроударник. Выполняется бурение скважины на заданную длину рейса. Затем расход жидкости уменьшается, гидроударник останавливается, и ПБС-110 поднимается в полость обсадных труб, а после выключения насоса – на палубу для извлечения керна.

После углубки скважины на длину обсадной трубы (9–12 метров) обсадная колонна диаметром 146 мм наращивается ещё одной трубой с установленным в верхней части вертлюгом. Затем обсад-



ная колонна с расхаживанием и промывкой спускается до достигнутого забоя скважины. Далее цикл работы повторяется.

При реализации предложенной технологии остался нерешённым вопрос повышения эффективности фазы бескернового бурения при очистке забоя скважины от обрушившихся пород или перебурировании ранее опробованных интервалов. Чистый размыв пород отличается достаточно низкой эффективностью в плотных грунтах. Его интенсификация за счёт комбинирования с «ключущим» бурением достаточно эффективна, однако при этом бурильные трубы и нагнетательный шланг подвергаются значительным динамическим нагрузкам. Во избежание этого было предложено осуществлять размыв забоя одновременно с работой гидроударника. Для оценки этого решения было проведено моделирование взаимодействия ГБС с забоем скважины при работающем гидроударнике и наличии сил гидравлического подпора.

На рисунке 2 показаны фрагменты виртуальных осциллограмм перемещения гидроударного бурового снаряда (положительное направление соответствует углубке снаряда в породе).

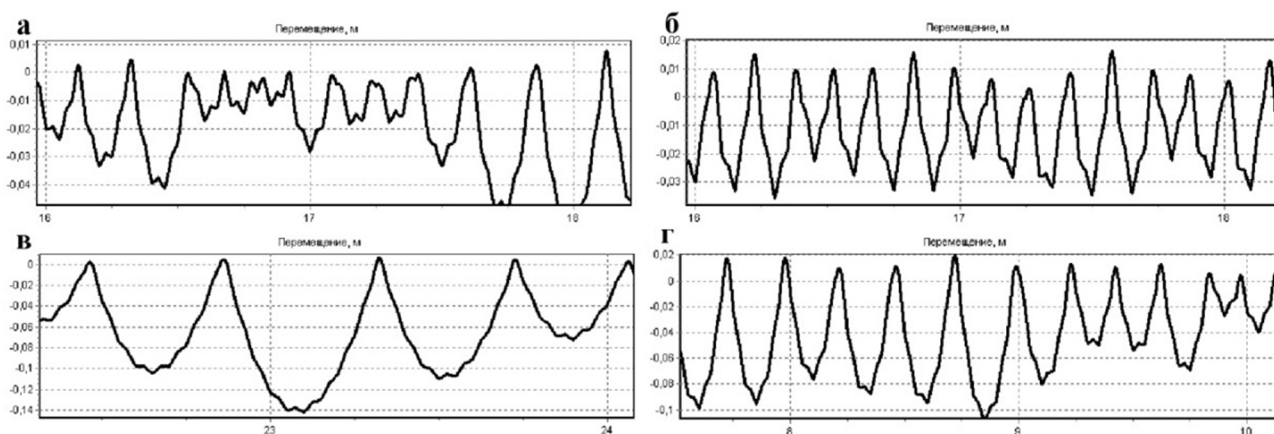


Рисунок 2 – Примеры виртуальных осциллограмм перемещения ГБС:

а, б – для расхода жидкости 450 л / мин; в, г – для расхода жидкости 600 л / мин;

а, в – симметричный режим работы гидроударника; б, г – энергия удара вниз в 2 раза больше, чем вверх

Анализ полученных данных показывает, что уже при расходе 450 л / мин ГБС большую часть времени находится над забоем за счёт совместного воздействия ударных импульсов и гидравлического подпора жидкости. При этом максимальное внедрение башмака в породу не превышает 20 мм. При расходе жидкости 600 л / мин и симметричном цикле работы гидроударника ГБС практически «зависает» над забоем, внедряясь в него не более чем на 10 мм. Большую часть времени порода разрушается за счёт воздействия жидкости. Таким образом, включение гидроударника в работу по схеме с одновременным размывом в плотных грунтах только лишь интенсифицирует гидравлическое разрушение забоя, разрыхляя верхний слой породы, и не может эффективно заменить «ключущее» бурение.

Следовательно, для интенсификации процесса разрушения породы при бескерновом бурении с работающим гидроударником, необходимо уменьшить усилие подпора жидкости, что может быть достигнуто за счёт снижения подачи жидкости в колонковую трубу при взаимодействии ГБС с забоем, а это требует постоянного регулирования подачи бурового насоса в процессе бурения. В то же время эту задачу можно решить, изменив конструкцию гидроударного бурового снаряда.

В новой конструкции ГБС [5] верхний распределительный узел был совмещён с разъединителем, что позволяет в процессе работы переключать режим подачи жидкости в колонковую трубу и гидроударник. Кроме того, конструкция упрощалась вследствие отказа от использования нижнего распределительного узла. Схема работы усовершенствованного ГБС показана на рисунке 3.

ГБС спускается в скважину на бурильных трубах (не показаны), соединяясь с ними штоком 13. При этом пусковой клапан 17 отсутствует. Золотниковая втулка 14 зафиксирована штифтами 18 в штоке 13, который занимает крайнее верхнее положение в распределительной камере 9, за счет чего отверстия 19 соединяются с каналом 22.

Отбор пробы из необходимого интервала скважины осуществляется в такой последовательности. Сначала осуществляется предварительное бурение (очистка ствола) без отбора пробы. Для этого ГБС удерживают над забоем скважины. От бурового насоса в него подается жидкость, которая проходит на забой скважины (рис. 3, а) через полость штока 13, золотниковую втулку 14, отверстия 19 и канал 22, канал 12 в наковальне 10 и полость колонковой трубы 1. При этом порода на забое размывается, что обеспечивает углубку ГБС без отбора пробы. Незначительная часть жидкости сбрасывается из колонковой трубы 1 через обратный клапан 11 в скважину, минуя забой. Гидроударник заблокирован, поскольку доступ жидкости в распределительную камеру 9 перекрыт штоком 13.



Если встречаются крепкие глинистые грунты, то ГБС ставят на забой скважины (рис. 3, б).

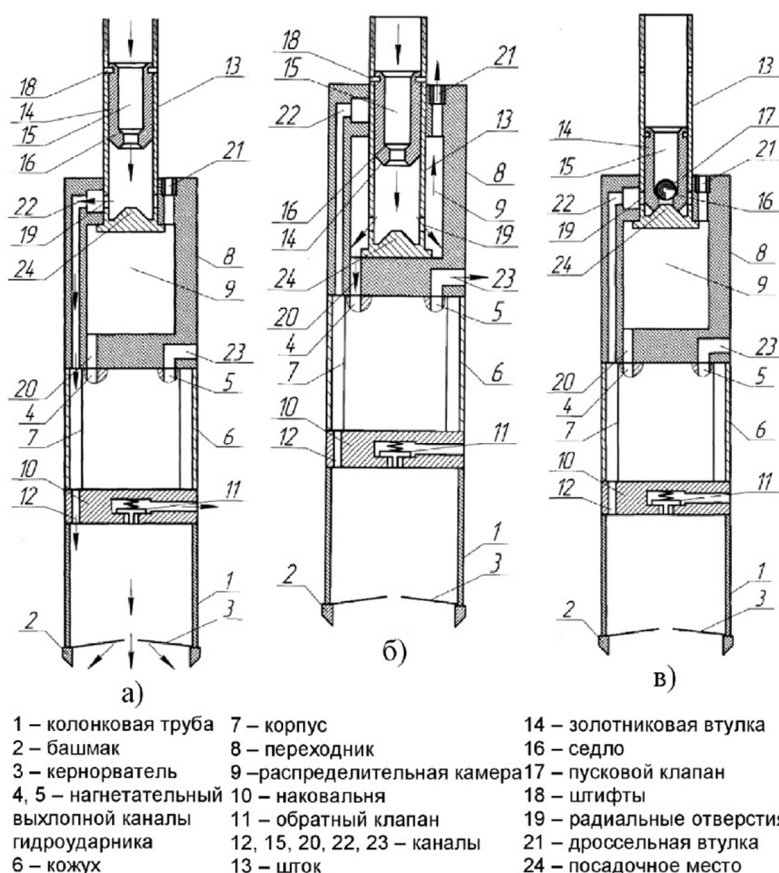


Рисунок 3 – Схема работы усовершенствованного гидроударного бурового снаряда: а) при размыве забоя скважины; б) при работе гидроударника; в) при подъеме из скважины

Шток 13 занимает нижнее положение и перекрывает канал 22. Жидкость через отверстия 19 подается в распределительную камеру 9, откуда одна часть потока по каналу 20 поступает в нагнетательный канал 4 гидроударника, а другая часть – через дроссельную втулку 21 – в скважину. Эти потоки разделяются в зависимости от поперечных размеров отверстия дроссельной втулки 21. Поэтому в ГБС подается то же количество жидкости, как и при бурении скважины с размывом (без отбора пробы), т.е. необходимость в ручном регулировании подачи жидкости отпадает.

Гидроударник запускается. Под действием ударов и осевой нагрузки ГБС углубляется в грунт башмаком 2. Отработанная в гидроударнике жидкость сбрасывается в скважину через выхлопной канал 5 и канал 23. Потоки жидкости, выходящие из канала 23 и дроссельной втулки 21, также соединяются над ГБС, что обеспечивает постоянную скорость течения жидкости в скважине над ним при различных режимах работы. Это предотвращает оседание шлама и ликвидирует угрозу прихвата.

После углубки в грунт на несколько сантиметров, ГБС поднимают над забоем, и он возвращается в первоначальное состояние, показанное на рис. 3 а. Гидроударник выключается. Жидкость поступает на забой и размывает его более интенсивно, поскольку порода уже ослаблена механическим рыхлением. Часть породы, попавшая в башмак, также вымывается и разрушается. Далее цикл разрушения забоя повторяется.

Таким образом, бурение без отбора пробы проводится за счет размыва пород забоя и их дополнительного механического рыхления при периодических постановках ГБС на забой скважины. Это значительно повышает механическую скорость бурения, особенно в крепких грунтах.

Для отбора пробы колонковый снаряд снова ставят на забой скважины (рис. 3, б). Гидроударник включается. Под действием ударов и осевой нагрузки ГБС углубляется в грунт башмаком 2. Проба поступает в колонковую трубу 1. В процессе бурения жидкость из полости колонковой трубы 1 вытесняется в скважину через обратный клапан 11.

После окончания рейса в бурильные трубы сбрасывается пусковой клапан 17. После его посадки в седло 16 давление над золотниковой втулкой 14 резко возрастает, и штифты 18 срезаются. Золотниковая втулка 14 устанавливается на посадочное место 24 (рис. 3, в). При этом осевой канал в ней перекрывается, отделяя ГБС от полости бурильных труб и предотвращая перетекание жидкости из них в колонковую трубу 1 при подъеме. Затем ГБС поднимают на палубу, пробу грунта извлекают.



При подготовке к следующему рейсу в ГБС необходимо вернуть в исходное положение золотниковую втулку 14, извлечь из неё пусковой клапан 17 и заменить штифты 18.

Использование усовершенствованного гидроударного бурового снаряда с разъединителем в верхней части позволяет добиться повышения скорости бурения инженерно-геологической скважины на этапе её очистки или перебуривания интервалов без отбора проб, особенно при бурении в крепких глинистых грунтах, за счет чередования механического рыхления забоя скважины гидроударником и размыва его потоком жидкости. При этом сама технологическая схема не претерпевает существенных изменений.

Литература:

1. Калиниченко О.И., Зыбинский П.В., Каракозов А.А. Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе. – Донецк : «Вебер» (Донецкое отделение), 2007. – 270 с.
2. Разработка погружных гидроударных снарядов для бурения подводных разведочных скважин со специализированных плавсредств / О.И. Калиниченко [и др.] // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения / Сборник научных трудов. – Киев : ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2005. – № 8. – С. 92–95.
3. Совершенствование технических средств и технологий отбора проб грунта при бурении геотехнических скважин с плавучих самоподъёмных установок на шельфе Чёрного моря / А.А. Каракозов [и др.] // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения / Сборник научных трудов. – Киев : ИСМ им. В.Н.Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2008. – № 11. – С. 66–74.
4. Каракозов А.А. Оценка влияния компоновки низа бурильной колонны на механическую скорость бурения скважин гидроударными снарядами при отборе проб донных отложений // Научные труды ДонНТУ, Серия «Горно-геологическая». Выпуск 7(135). – Донецк : ДонНТУ, 2008. – С. 130–135.
5. Колонковый снаряд: Патент №103415 UA E21B 21/00 25/00 / А.А. Каракозов, А.Н. Рязанов, О.И. Калиниченко, П.В. Зыбинский, С.Н. Парфенюк. – Оpubl. 10.10.2013, Бюл. №19.

References:

1. Kalinichenko O.I., Zybinsky P.V., Karakozov A.A. Hydroshock drill rigs and installations for drilling wells on the shelf. – Donetsk : Weber (Donetsk branch), 2007. – 270 p.
2. Development of submersible water-impact shells for drilling underwater exploration wells from specialized floating crafts / O.I. Kalinichenko [et al.] // Porous breaking and metal-working tool – equipment and technology of its manufacture and application / Collection of scientific papers. – Kyiv : Bakul's ISM, IPC ALCON NASU, 2005. – № 8. – P. 92–95.
3. Improvement of Technical Means and Technologies of Soil Sampling During Drilling of Geotechnical Wells from Floating Self-Elevating Units on the Black Sea Shelf / A.A. Karakozov [et al.] // Porous Destroying and Metal Working Tools – Techniques and Technology of their Production and Application / Collection of Scientific Works. – Kyiv : Bakul ISM, IPC ALCON NASU, 2008. – № 11. – P. 66–74.
4. Karakozov A.A. Estimation of Influence of Drill Casing Installation on Mechanical Speed of Drilling by Hydroshock Drill Guns during Bottom Sediment Sampling // DonNTU Research Papers, Mining and Geological Series. Issue 7(135). – Donetsk : DonNTU, 2008. – P. 130–135.
5. String Drill: Patent № 103415 UA E21B 21/00 25/00 / A.A. Karakozov, A.N. Ryazanov, O.I. Kalinichenko, P.V. Zybinsky, S.N. Parfenyuk. – Opubl. 10.10.2013, Bulletin № 19.