

УДК 622.24.085

А. А. Каракозов

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина

Об использовании забивных пробоотборников с гидравлическим приводом при реализации технологии поинтервального бурения геотехнических скважин с буровых судов и самоподъемных буровых установок

Рассмотрены вопросы использования забивного пробоотборника с гидравлическим приводом, спускаемого в скважину на бурильной колонне, при бурении геотехнических скважин на шельфе в породах песчано-глинистого комплекса с самоподъемных буровых установок (СПБУ) и специализированных буровых судов. Конструкция забивного пробоотборника обеспечивает размыв интервала обрушившихся пород через колонковую трубу с последующим отбором керна. Проведена оценка ожидаемой механической скорости бурения при отборе пробы.

Ключевые слова: бурение геотехнических скважин на шельфе, забивной пробоотборник, механическая скорость бурения.

Потребность в инженерно-геологических изысканиях на украинских шельфовых месторождениях углеводородного сырья способствовала созданию новых технологий и технических средств бурения глубоких геотехнических скважин на площадках постановки платформ и трассах подводных трубопроводов. Специалистами кафедры «Технология и техника геологоразведочных работ» (ТТГР) ДонНТУ при участии ЗАО «Компания «Югостокгаз» была разработана технология поинтервального бурения скважин в породах песчано-глинистого комплекса с самоподъемных буровых установок (СПБУ), реализованная на объектах работ ГАО «Черноморнефтегаз», и проведена оценка ее эффективности [1–7]. При реализации этой технологии для отбора проб использовались гидроударные буровые снаряды ПБС-110. Схема реализации предложенной технологии на СПБУ «Сиваш» приведена на рис. 1.

С СПБУ спускается водоотделяющая колонна диаметром 219–245 мм. Ее башмак устанавливается на расстоянии 1,5–2 м от дна моря. При наличии сильных течений башмак колонны заглубляется в грунт во избежание ее вибрации и изгиба при проведении работ. Затем спускается колонна обсадных труб диаметром 146 мм, предназначенная для крепления стенок скважины в процессе ее углубки. После этого начинается отбор проб при помощи гидроударных буровых снарядов (ГБС). Сначала отбирается проба верхнего интервала пород. Затем перед отбором каждой следующей пробы сначала размывают обрушившиеся породы предыдущего интервала, а потом производят пробоотбор на нужной глубине. Переключение режимов работы гидроударного снаряда осуществляется за счет распределительных узлов, входящих в его состав. Для закрепления стенок скважины предусмотрена периодическая углубка колонны обсадных труб диаметром 146 мм после опробования участка скважины, длина которого соответствует длине одной трубы.

Эта же технологическая схема также может использоваться при бурении скважин с буровых судов проекта 0531 («Диабаз», «Диорит» и др.).

Несмотря на успешную апробацию технологии в производственных условиях, полученные результаты показали, что при бурении в плотных песках и глинистых грунтах (особенно при глубине скважины свыше 50 м) механическая скорость существенно снижается даже при использовании рациональной компоновки низа бурильной колонны [6, 7]. Таким образом, энергетические параметры существующих гидроударных буровых снарядов ПБС-110 в этих условиях не позволяют обеспечить быстрый отбор пробы.

Поэтому задача повышения механической скорости бурения глубоких геотехнических скважин может решаться двумя путями:

- за счет дальнейшего совершенствования существующих гидроударных буровых снарядов (в данной статье не рассматривается);
- за счет использования других технических средств, обеспечивающих более существенную энергию удара по сравнению с ГБС.

Во втором случае задача может быть решена за счет использования забивных пробоотборников с гидравлическим приводом, в которых движение бойка перед ударом по колонковой трубе осуществляется независимо от гидродвигателя, а, следовательно, значение энергии удара не определяется его параметрами [8, 9].

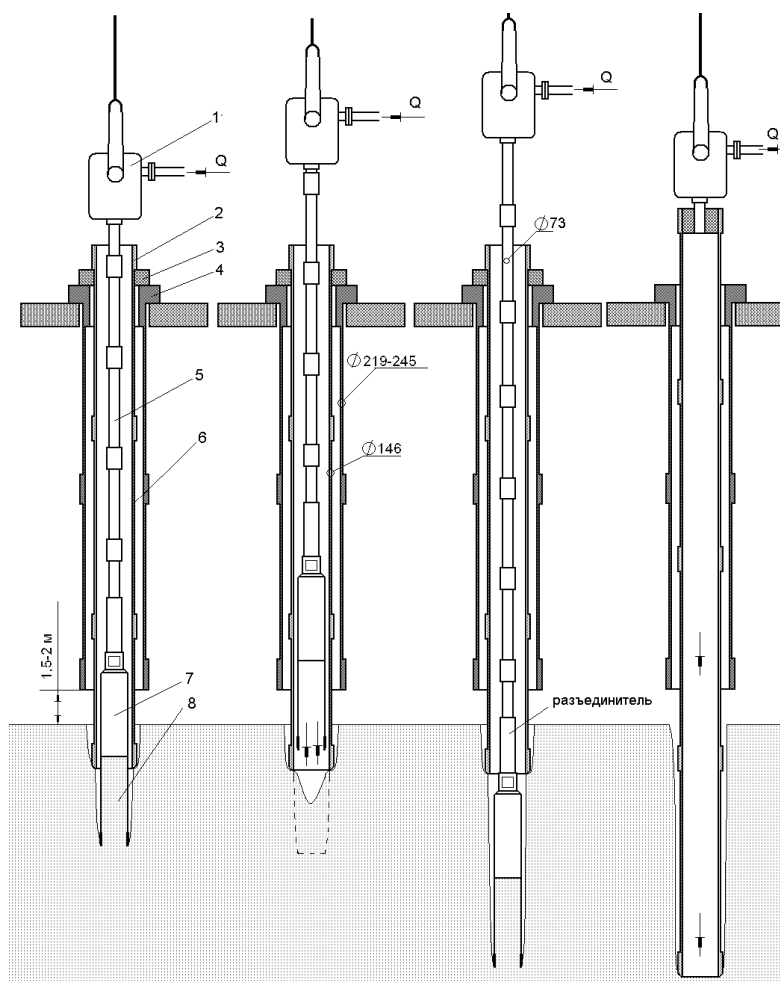


Рис. 1. Технологическая схема поинтервальной проходки скважин с СПБУ: 1 – вертлюг-сальник; 2 – головка обсадной колонны $\varnothing 146$ мм; 3 – хомут; 4 – головка обсадной колонны $\varnothing 219-245$ мм; 5 – бурильные трубы $\varnothing 73$ мм; 6 – обсадная колонна $\varnothing 146$ мм; 7 – ПБС-110; 8 – керн; Q – подача жидкости.

Подобные устройства имеют более рациональную ударную систему по сравнению с ПБС-110 с точки зрения соотношения масс соударяющихся элементов, кроме того они обеспечивают постоянный контакт колонкового набора с забоем при отборе пробы. Однако частота ударов, реализуемых забивным пробоотборником, невелика (обычно 1–2 Гц) при сравнимой с ГБС энергии ударов. Поэтому они используются только в тех случаях, когда заказчиком работ регламентируется низкочастотный режим ударного погружения колонкового набора в грунт. В то же время резко повысить энергию ударов несложно – достаточно установить над бойком силовую пружину, которая при его подъеме будет накапливать энергию, реализуемую затем для разгона бойка перед ударом по колонковой трубе [10]. Это также даст возможность повысить частоту ударов за счет уменьшения хода бойка. Таким образом, если обеспечить скорость бойка в пределах 4–5 м/с, то энергия удара будет примерно в 6–8 раз больше чем у гидроударного бурового снаряда, что может дать забивному пробоотборнику преимущества при отборе проб в плотных песчано-глинистых отложениях.

В то же время существующая конструкция забивного пробоотборника при его эксплуатации на бурильных трубах не обеспечивает возможность размыва интервала обрушившихся пород через колонковую трубу. Поэтому для использования забивного пробоотборника в технологической схеме, приведенной на рис. 1, необходимо, во-первых, его усовершенствовать с точки зрения обеспечения размыва забоя через колонковую трубу, а во-вторых, определить требования к его компоновке с бурильной колонной, воспринимающей реактивные усилия при отборе пробы, и провести оценку ожидаемой механической скорости бурения.

На кафедре ТТГР ДонНТУ под руководством автора разработана усовершенствованная конструктивная схема забивного пробоотборника, обеспечивающая размыв забоя через колонковую трубу перед отбором пробы. На рис. 2 показан базовый вариант конструкции без силовой пружины, разгоняющей боек перед ударом по колонковой трубе.

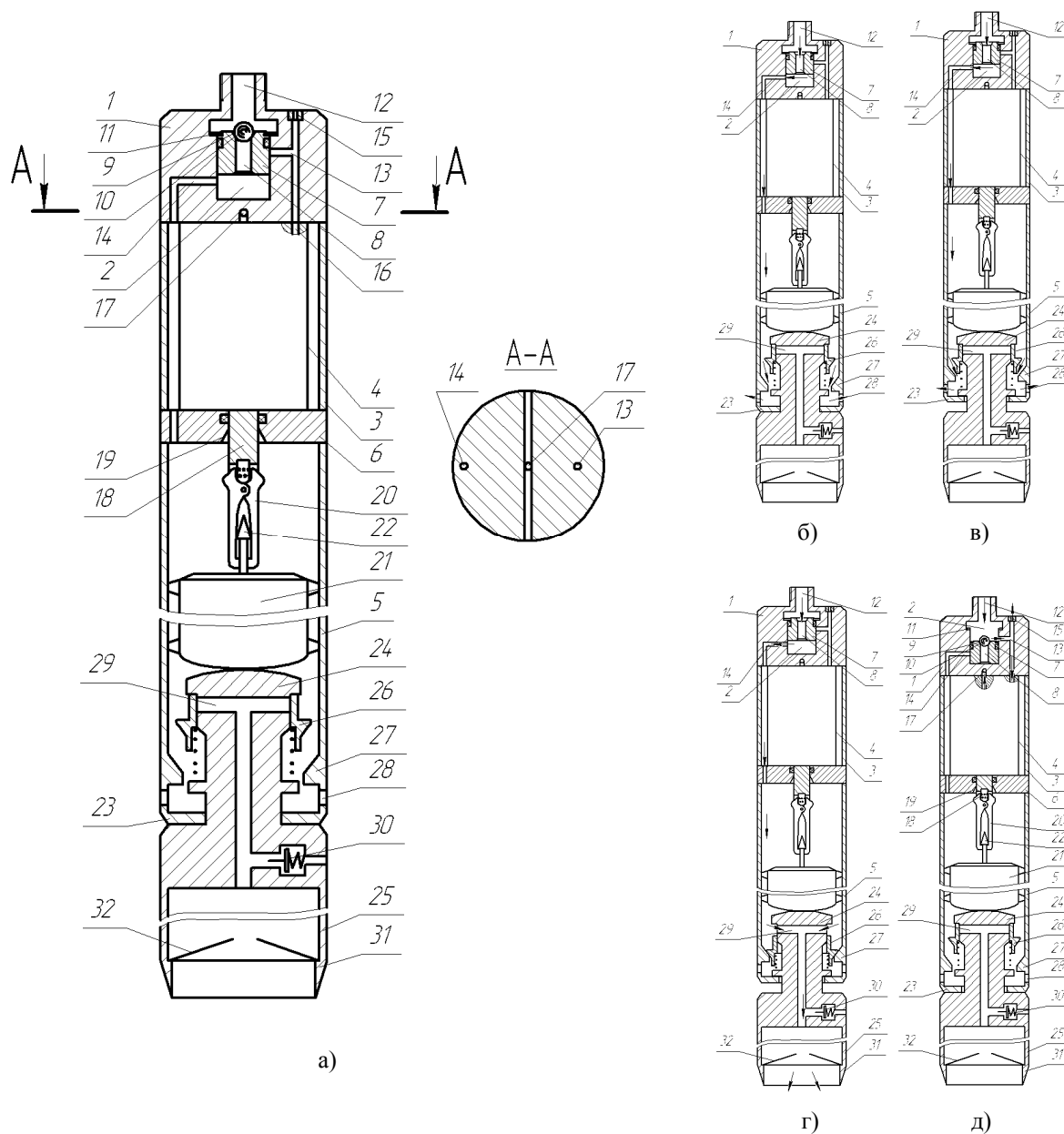


Рис. 2. Конструкция и принцип действия забивного пробоотборника: 1 – распределительный переходник; 2 – камера; 3 – кожух; 4 – корпус гидродвигателя; 5 – корпус ударного узла; 6 – перегородка; 7 – поршень; 8 – канал; 9 – седло; 10 – пусковой клапан; 11 – штифты; 12, 13, 14 – каналы; 15 – дроссельная втулка; 16 – входная полость гидродвигателя; 17 – выхлопной канал гидродвигателя; 18 – шток гидродвигателя; 19 – коническая поверхность; 20 – захваты; 21 – боек; 22 – коническая головка; 23 – нижний переходник; 24 – наковальня; 25 – колонковая (керноприемная) труба; 26 – кольцевой клапан-золотник; 27 – седло; 28 – отверстия; 29 – канал в наковальне; 30 – обратный клапан; 31 – башмак; 32 – кернорватель.

Забивной пробоотборник работает следующим образом.

Он спускается в скважину на колонне бурильных труб, соединенной с переходником 1. Перед началом пробоотбора для очистки забоя скважины от осыпавшейся породы в бурильную колонну подается жидкость (рис. 2б). Она поступает в камеру 2, далее по каналу 14, кольцевому зазору между кожухом 3 и корпусом 4 попадает в полость корпуса 5 ударного узла, откуда по кольцевому зазору между клапаном-золотником 26 и седлом 27, а затем через отверстия 28 подается в скважину.

При подъеме забивного пробоотборника над забоем (рис. 2в) наковальня 24 опирается на нижний переходник 23, при этом зазор между клапаном-золотником 26 и седлом 27 уменьшается. Давление над клапаном-золотником 26 повышается, и он, сжимая пружину, перемещается вниз, открывая канал 29. Жидкость по каналу 29 поступает в колонковую трубу 25 и через кернорватель 32 и башмак 31 – на забой скважины (рис. 2г), размывая осыпавшуюся породу.

Для отбора пробы (рис. 2д) забивной пробоотборник устанавливают на забой скважины. В колонну бурильных труб бросают пусковой клапан 10, который садится в седло 9 и перекрывает осевой канал 8 в поршне 7. Давление в камере 2 повышается, штифты 11 срезаются, и поршень 7 перемещается в крайнее нижнее положение, перекрывая канал 14 и открывая канал 13. Таким образом, полость корпуса 5 отделяется от источника давления, и жидкость поступает во входную полость 16 гидродвигателя, приводя его в действие. При работе гидродвигателя шток 18 осуществляет возвратно-поступательное движение, а отработанная жидкость из гидродвигателя выходит в скважину через канал 17. При перемещении вверх шток 18 захватами 20 поднимает боек 21 над наковальней 24. При взаимодействии захватов 20 с конической поверхностью 19 перегородки 6 боек 21 освобождается, после чего он под действием собственного веса двигается вниз и наносит удар по наковальне 24. Под действием удара колонковая труба 25 углубляется в грунт. Керн поступает в ее полость, отжимая в стороны лепестка кернорвателя 32. Жидкость из полости колонковой трубы 25 вытесняется в скважину через обратный клапан 30. При перемещении штока 18 вниз захваты 20 опять соединятся с конической головкой 22 бойка 21. При этом верхняя часть пробоотборника за счет усилия подачи перемещается вниз до упора переходником 23 в верхнюю часть колонковой трубы 25. После этого цикл работы повторяется.

Параметры гидродвигателя подбираются таким образом, чтобы на своем ходу вниз шток 18 не догнал боек 21, а соединился захватами 20 с конической головкой 22 только после нанесения удара.

По завершении рейса подачу жидкости прекращают. Бурильную колонну вместе с забивным пробоотборником поднимают на поверхность, при этом кернорватель 32 удерживает в колонковой трубе 25 отобранную пробу.

Для предложенной схемы забивного пробоотборника при варьировании масс бойка (20, 35 и 50 кг) и длин колонкового набора (1–3 м) определена возможная механическая скорость бурения в породах различной крепости при частоте ударов 4 Гц и скорости движения бойка 3–5 м/с (при использовании силовой пружины, разгоняющей боек). При этом реакция грунта описывалась чистопластической моделью. Начальная скорость колонкового набора после удара определялась как по классической теории удара (с использованием коэффициента восстановления скорости k), так и по прикладной теории удара (с учетом волновых явлений и использованием коэффициента передачи удара) [11, 12]. При этом процесс внедрения колонкового набора в грунт рассматривался без учета динамического воздействия на него корпуса пробоотборника в промежутках между ударами.

Некоторые результаты расчетов, оформленные в виде графиков изменения механической скорости бурения в зависимости от сопротивления забоя, приведены на рис. 3.

Полученные данные показывают важность определения применимости той или иной теории удара при анализе ударной системы забивного пробоотборника. В случае использования классической теории удара большое значение имеет определение реального коэффициента восстановления скорости бойка, поскольку величины механической скорости бурения могут очень сильно отличаться друг от друга. Наихудшие результаты получаются при использовании гипотезы неупругого удара ($k = 0$), лучшие – при упругом ударе ($k = 1$). Поэтому использование классической теории можно рекомендовать для случаев, когда значение k заранее известно. В противном случае, необходимо пользоваться методикой [12], рассчитывая коэффициент передачи удара для конкретных параметров ударной системы. Следует отметить, что для нашего случая, расчеты, выполненные с использованием этого коэффициента, дают результаты, более близкие к упругому удару.

Анализ результатов показывает, что забивной пробоотборник при прочих равных условиях может обеспечивать значительно лучшие показатели по сравнению с прототипом ПБС-110 [6, 7], особенно при отборе проб в твердых грунтах, несмотря на то, что частота ударов забивного пробоотборника в среднем в пять раз меньше чем в снаряде ПБС-110.

Расчеты показывают, что при равных массах бойка (35 кг) забивной пробоотборник в твердых грунтах может обеспечивать в 2–3 раза большую механическую скорость бурения по сравнению с используемым снарядом. Для этого скорость бойка должна быть в пределах 4–5 м/с. При скорости

бойка 3 м/с расчетные данные для забивного пробоотборника показывают более скромный прирост механической скорости бурения (не более 20–25 %) по сравнению с прототипом.

Рациональная длина колонкового набора для забивного пробоотборника (при массе бойка 35 кг) составляет 2–3 м. При этом механическая скорость бурения изменяется незначительно, а вот при использовании более короткого колонкового набора (в пределах 1 м) механическая скорость может снижаться примерно на 20 %. Эти длины колонкового набора вполне соответствуют рассмотренной выше технологии поинтервального бурения.

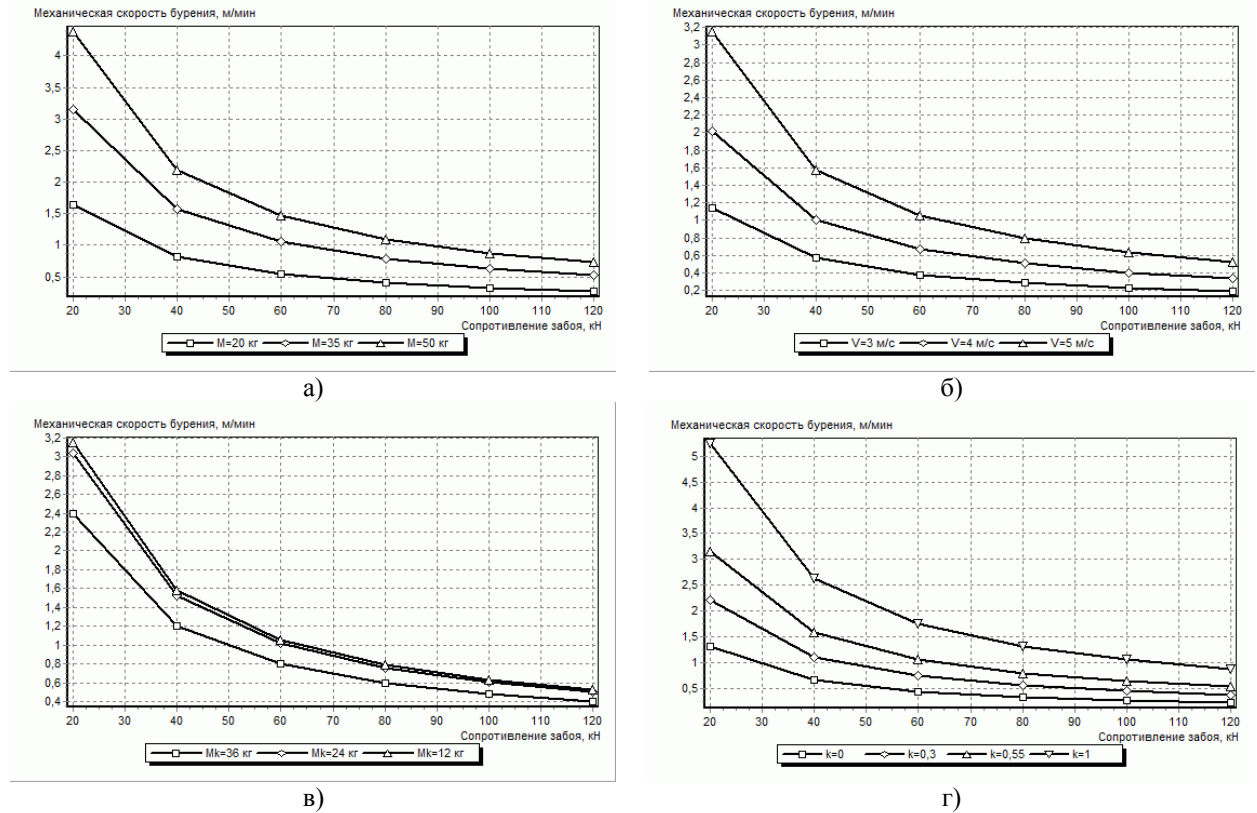


Рис. 3. Графики зависимости механической скорости бурения от величины сопротивления забоя внедрению при варьировании: а – массы бойка (скорость соударения 5 м/с); б – скорости соударения бойка с наковальной (масса бойка 35 кг); в – массы колонкового набора (масса бойка 35 кг, скорость соударения 5 м/с); г – коэффициента восстановления скорости при ударе (масса бойка 35 кг, скорость соударения 5 м/с).

Таким образом, анализ полученных результатов и зависимости механической скорости бурения от ряда конструктивных и технологических факторов дают нам основание утверждать о перспективности использования забивного пробоотборника с гидравлическим приводом при реализации технологии поинтервального бурения геотехнических скважин с буровых судов и плавучих самоподъемных буровых установок (СПБУ).

Библиографический список

1. Разработка погружных гидроударных снарядов для бурения подводных разведочных скважин со специализированных плавсредств / О. И. Калиниченко, А. А. Каракозов, П. В. Зыбинский, С. Н. Парфенюк // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сборник научных трудов. – 2005. – Вып. 8. – С. 92–95.
2. Колонковый снаряд: патент на корисну модель UA МПК(2006) E21B 21/00, E21B 25/00, E21B 25/18 / Каракозов А. А., Калиниченко О. І., Зибінський П. В. - № 13609; Опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.
3. Колонковый снаряд: патент на винахід UA МПК(2006) E21B 21/00, E21B 25/00 / Каракозов А. А., Калиниченко О. І., Зибінський П. В. - № 81016; Опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19.

4. Калиниченко О. И. Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе / О. И. Калиниченко, П. В. Зыбинский, А. А. Каракозов. – Донецк: «Вебер» (Донецкое отделение), 2007. – 270 с.
5. Колонковый снаряд: патент на корисну модель UA МПК(2006) E21B 21/00, E21B 25/00 / Калініченко О. І., Каракозов А. А., Зибінський П. В. - № 31821; Опубл. 25.04.2008, Бюл. № 8.
6. Совершенствование технических средств и технологий отбора проб грунта при бурении геотехнических скважин с плавучих самоподъемных установок на шельфе Черного моря / [А. А. Каракозов, О. И. Калиниченко, П. В. Зыбинский и др.] // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сборник научных трудов. – 2008. – Вып. 11. – С. 66–74.
7. Каракозов А. А. Оценка влияния компоновки низа буровой колонны на механическую скорость бурения скважин гидроударными снарядами при отборе проб донных отложений / А. А. Каракозов // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – 2008. – Випуск 7(135). – С. 130–135.
8. Каракозов А. А. Анализ рабочего цикла забивного пробоотборника с гидравлическим приводом / А. А. Каракозов, А. Н. Рязанов, В. И. Пилипец // Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. – 1998. – Выпуск 21. – УГГА. – С. 170-177.
9. Пробовідбирач: деклараційний патент UA МПК(2006) E21B 25/18 / Каракозов А. А., Калініченко О. І., Рязанов А. М., Русанов В. А., Юшков І. О. - № 51070; Опубл. 15.11.2002, Бюл. № 11.
10. Рязанов А. Н. Теоретические исследования забивного пробоотборника с разжимающейся на рабочем ходе бойка пружинной / А. Н. Рязанов, О. В. Середа // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – 2011. – Випуск 14(181). – С. 48–53.
11. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1986. – 416 с.
12. Александров Е. В. Прикладная теория и расчеты ударных систем / Е. В. Александров, В. Б. Соколинский. – М.: Наука, 1969. – 201 с.

Надійшла до редакції 03.07.2012

А. А. Каракозов

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

Про використання забивних пробовідбірників з гідравлічним приводом для реалізації технології поінтервального буріння геотехнічних свердловин з бурових суден та самопідйомних бурових установок

Розглянуті питання застосування забивного пробовідбірника з гідравлічним приводом, який спускається в свердловину на бурильній колоні, при бурінні геотехнічних свердловин на шельфі в породах піщано-глинистого комплексу з самопідйомних бурових установок (СПБУ) і спеціалізованих бурових суден. Конструкція забивного пробовідбірника забезпечує розмив через колонкову трубу інтервалу порід, які обсіпалися, з подальшим відбором керна. Проведено оцінювання можливої механічної швидкості буріння при відборі проби.

Ключові слова: буріння геотехнічних свердловин на шельфі, забивний пробовідбірник, механічна швидкість буріння.

A. Karakozov

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

Use of Hydraulic Driven Impulse Core Samplers for Geotechnical Offshore Drilling from Specialized Drilling Vessels and Jack-Up Rigs

The use of hydraulic driven impulse core samplers for geotechnical offshore drilling in sandy clay rocks is reviewed. The tool is lowered into the borehole with drill string from specialized drilling vessels and jack-up rigs. The design of the core sampler provides collapsed rock washout through the coring tube and core sampling on the next step. The estimation of the expected rate of penetration of the core sampling is provided.

Key words: geotechnical offshore drilling, impulse core sampler, rate of penetration.