

Кроме того, существенно повышена надежность контроля срабатывания пускового узла при полном разблокировании гидроударника на фазе отбора керна.

Наведено нові технічні розробки, спрямовані на підвищення ефективності установок УМБ-130М при бурінні інженерно-геологічних свердловин глибиною до 50 м з борту неспеціалізованих суднів.

Ключові слова: буріння, інженерно-геологічні свердловини, донна основа, обсадна колона, технологія спускання та піднімання обсадної колони, заглибний гідроударний буровий снаряд, універсальний пусковий вузол.

The article describes new engineering designs aimed to enhance the efficiency of UMB-130 M units while drilling of engineering-geological boreholes with up to 50 meters from the side of general vessels.

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

Литература

1. Калиниченко О. И., Зыбинский П. В., Каракозов А. А. Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе. – Донецк: Вебер (Донецк отд), 2007. – 276 с.
2. Калиниченко О. И., Хогуля А. В. Задачи совершенствования технологических режимов многорейсового бурения скважин на морских акваториях // Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – Вып.9. – С. 92–95.
3. Калиниченко О. И., Хогуля А. В. Основные проблемы и пути совершенствования техники и технологи многорейсового бурения скважин на морских акваториях // Наук вісн., Нац гірничого ун-ту: Наук-тех. журн. – Дніпропетровськ, 2009. – № 7. – С. 45–50.

Поступила 10.06.13

УДК 622.24.085

А. А. Каракозов, А. Н. Рязанов, кандидаты технических наук,
С. Н. Парфенюк, Н. И. Титенок

Донецкий национальный технический университет, Украина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ БУРЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ СКВАЖИН С БУРОВЫХ СУДОВ И САМОПОДЪЁМНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Рассмотрены вопросы разработки гидроударного бурового снаряда для бурения геотехнических скважин на шельфе в породах песчано-глинистого комплекса с буровых судов и самоподъёмных буровых установок (СПБУ). Совершенствование конструкции направлено на рационализацию ударной системы снаряда, позволяющей предотвратить отрыв колонкового набора от забоя и уменьшить массу, воспринимающую удар бойка, а также на обеспечение размыва интервала обрушившихся пород вне зависимости от величины подачи жидкости в буровой снаряд. Для разработанной схемы снаряда проведена оценка влияния его компоновки с бурильной колонной на механическую скорость бурения скважины в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: бурение геотехнических скважин на шельфе, гидроударный буровой снаряд, механическая скорость бурения.

Разработка газовых и нефтяных месторождений шельфа Чёрного и Азовского моря потребовала создания новых технологий и технических средств бурения при проведении инженерно-геологических изысканий на площадках постановки платформ и трассах подводных трубопроводов. Специалистами кафедры «Технология и техника бурения скважин» (ТТБС) ДонНТУ при участии ЗАО «Компания «Юговостокгаз» была разработана технология поинтервального бурения глубоких скважин в породах песчано-глинистого комплекса гидроударными буровыми снарядами ПБС-110 и проведены исследования по оценке её эффективности [1–7].

Технологическая схема поинтервальной проходки скважин гидроударными снарядами ПБС-110 с самоподъёмной буровой установки (СПБУ) приведена на рис. 1 [6; 7].

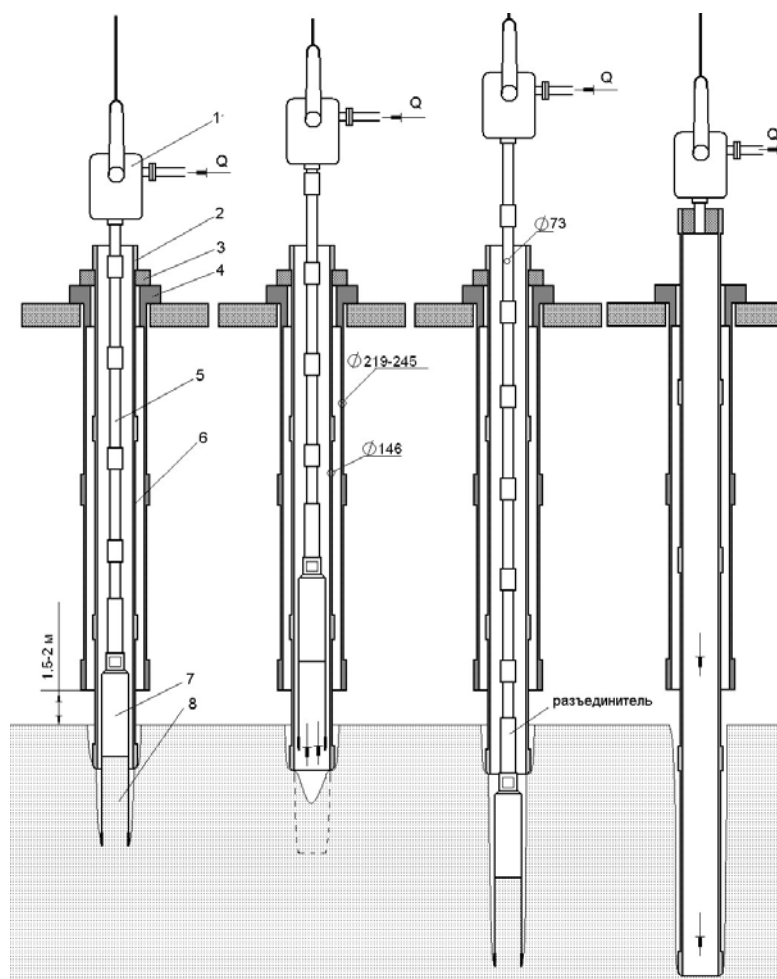


Рис. 1. Технологическая схема поинтервальной проходки скважин с СПБУ: 1 – вертлюг-сальник; 2 – головка обсадной колонны $\text{Ø}146$ мм; 3 – хомут; 4 – головка обсадной колонны $\text{Ø}219-245$ мм; 5 – бурильные трубы $\text{Ø}73$ мм; 6 – обсадная колонна $\text{Ø}146$ мм; 7 – ПБС-110; 8 – керн; Q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

С СПБУ спускается водоотделяющая колонна диаметром 219–245 мм. Её башмак устанавливается на расстоянии 1,5–2 м от дна моря. При наличии сильных течений башмак колонны следует заглубить в грунт во избежание её вибрации и изгиба при проведении работ. Затем спускается колонна обсадных труб диаметром 146 мм, предназначенная для крепления стенок скважины в процессе её углубки. После этого начинается отбор проб при помощи гидроударного бурового снаряда (ГБС).

Перед отбором второй и следующих проб размывают обрушившиеся породы предыдущего интервала, а потом производят пробоотбор. Переключение режимов работы осуществляется за

счёт распределительных узлов, входящих в состав гидроударного бурового снаряда.

Дополнительно предусматривается периодическое крепление стенок скважины обсадными трубами диаметром 146 мм по мере её углубки на величину, соответствующую длине одной обсадной трубы.

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

Несмотря на успешную апробацию этой технологии в производственных условиях, полученные результаты показали, что при бурении в плотных песках и глинистых грунтах механическая скорость бурения существенно снижается даже при использовании рациональной компоновки низа бурильной колонны [6; 7].

Поэтому требует решения задача усовершенствования конструкции гидроударного бурового снаряда с точки зрения повышения механической скорости бурения глубоких геотехнических, инженерно-геологических и геологоразведочных скважин.

Совершенствование конструкции направлено на рационализацию ударной системы снаряда, позволяющей предотвратить отрыв колонкового набора от забоя и уменьшить массу, воспринимающую удар бойка, а также на обеспечение размыва интервала обрушившихся пород вне зависимости от величины подачи жидкости в буровой снаряд. Постоянное удержание колонкового набора на забое скважины в процессе работы достигается отделением колонкового набора от гидродвигателя и ударного узла. Подобные конструктивные схемы не применяются в автономных установках [4], в которые жидкость подаётся по гибкому шлангу, и нет возможности создавать дополнительную осевую нагрузку на снаряд. Однако при использовании гидроударных снарядов в компоновке с бурильной колонной такая схема становится работоспособной, поскольку колонна воспринимает реактивные усилия, возникающие при

работе гидроударника, и обеспечивает контакт корпуса ударного узла с колонковым набором, что необходимо для надёжной работы гидроударника.

Дополнительно, распределительная схема гидроударного снаряда изменена таким образом, чтобы подача жидкости в колонковую трубу могла осуществляться при любой её величине. Это значительно упрощает технологию ведения работ, поскольку снимает ограничения на разность расходов жидкости при размыве пород (бескерновое бурение) и при работе гидроударника (бурение с отбором керна) – её вообще может и не быть.

На кафедре ГТБС ДонНТУ разработана конструктивная схема гидроударного бурового снаряда [8], отвечающая приведенным выше условиям (рис. 2).

В состав снаряда входят переходник 1 с распределительной камерой 2, кожух 3, корпус 4 гидроударника, корпус 5 ударного узла, присоединенный снизу к верхней наковальне 6. В распределительной камере 2 установлен поршень 7 с осевым каналом 8 и седлом 9 для пускового клапана 10. Поршень 7 зафиксирован штифтами 11 в своем верхнем положении.

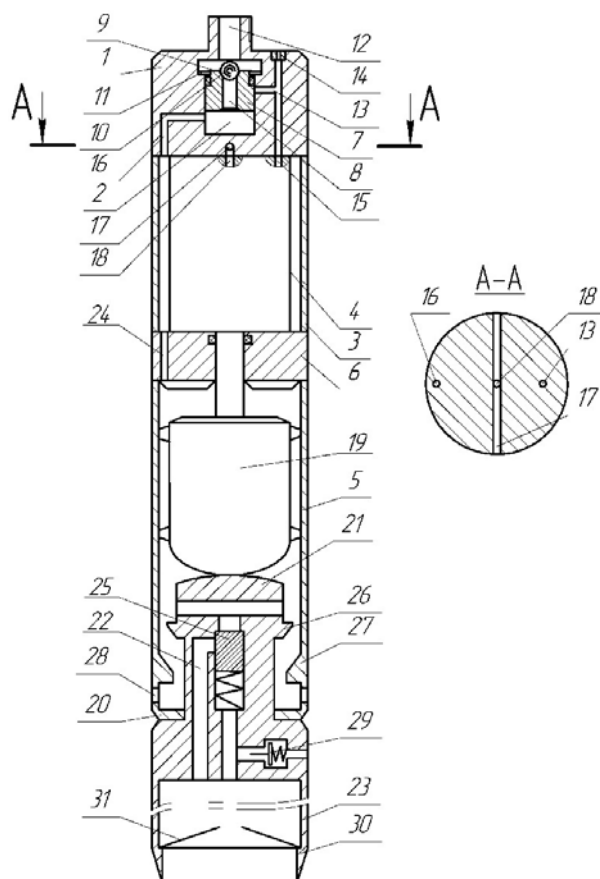


Рис. 2. Конструкция гидроударного бурового снаряда

Распределительная камера 2 соединена каналом 12 с полостью бурильных труб, каналом 13 – со скважиной (через дроссельную втулку 14) и входной полостью 15 гидроударника, а каналом 16 – с зазором между кожухом 3 и корпусом 4. Канал 13 перекрыт поршнем 7. Канал 17 в переходнике 1 соединяет выпускную полость 18 гидроударника со скважиной. Боёк 19 размещен в корпусе 5 ударного узла. В нижнем переходнике 20 с возможностью продольного перемещения установлена наковальня 21 с каналом 22, соединяющим полость колонковой трубы 23 с полостью корпуса 5 ударного узла и каналом 24 в верхней наковальне. Канал 22 перекрыт подпружиненным поршнем 25. Накováльня 21 жестко соединена с колонковой трубой 23. На боковой поверхности наковальни 21 установлен кольцевой клапан 26, седло 27 которого расположено на корпусе 5. Ниже седла 27 в корпусе 5 выполнены отверстия 28. В верхней части колонковой трубы 23 установлен обратный клапан 29, а в нижней – башмак 30 с кернорвателем 31.

Гидроударный буровой снаряд работает следующим образом (рис. 3).

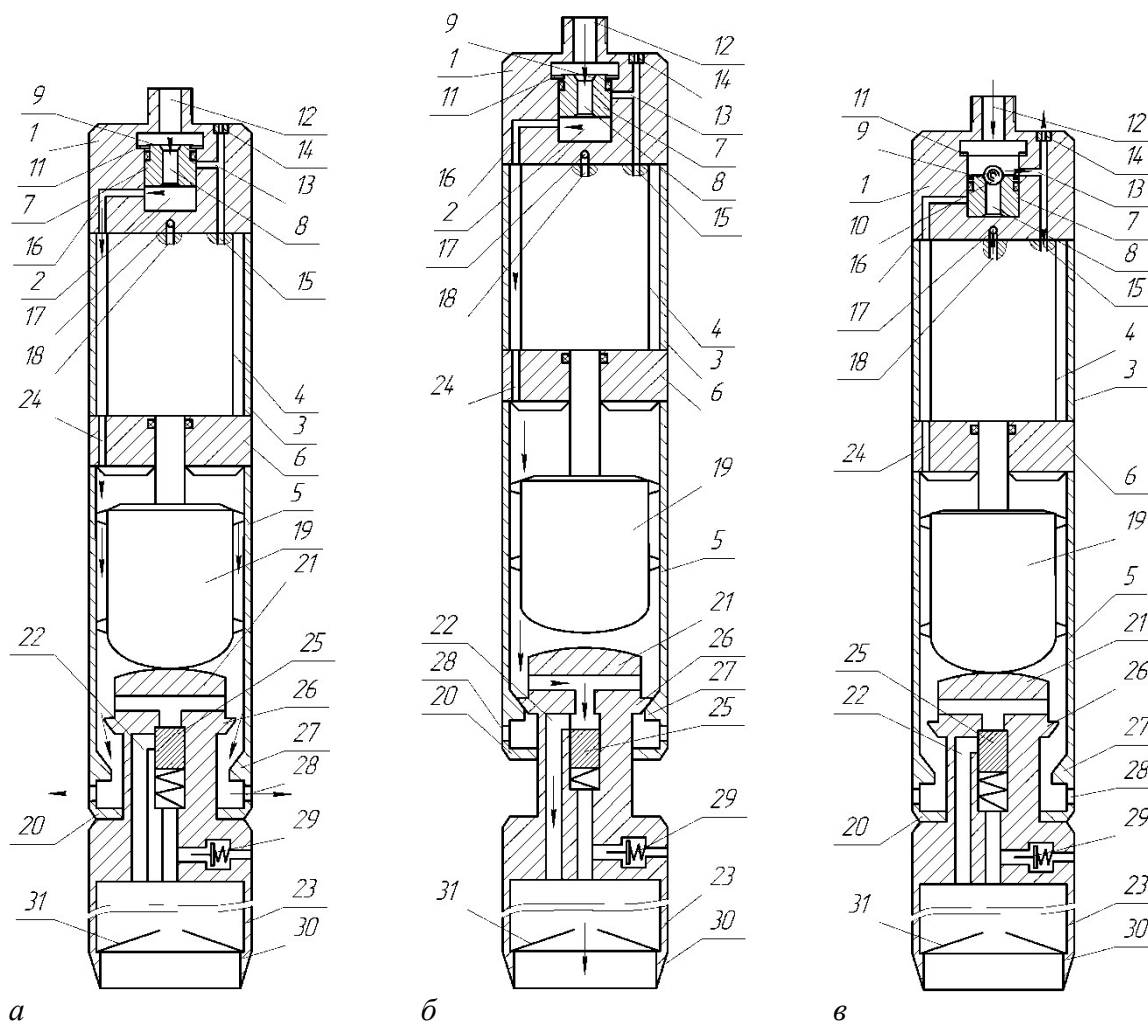


Рис. 3. Схемы движения жидкости в гидроударном буровом снаряде: а – при установке снаряда на забой; б – при размыве забоя скважины; в – при работе гидроударника

Он спускается в скважину на колонне бурильных труб, к которой присоединяется переходником 1. При контакте башмака 30 с забоем скважины спуск заканчивается. При этом нижний переходник 20 опирается на колонковую трубу 23, поэтому между кольцевым клапаном 26 и седлом 27 есть зазор.

Перед началом отбора пробы, для очистки забоя скважины от осыпавшейся породы, в колонну бурильных труб подается промывочная жидкость (рис. 3, а). Она по каналам 12 и 8

поступает в камеру 2, из которой по каналу 16, кольцевому зазору между кожухом 3 и корпусом 4, каналу 24 в верхней наковальне 6 попадает в полость корпуса 5 ударного узла. Оттуда по зазору между кольцевым клапаном 26 и седлом 27 и через отверстия 28 жидкость подается в скважину.

При подъеме колонкового снаряда над забоем (рис. 3, б) кольцевой клапан 26 садится в седло 27, перекрывая поток жидкости, вследствие чего над поршнем 25 растет давление. За счет силы, обусловленной давлением жидкости, поршень 25 движется вниз, сжимая пружину и открывая канал 22 для прохода жидкости в колонковую трубу 23. Жидкость через кернорватель 31 и башмак 30 поступает на забой скважины, размывая осыпавшуюся породу.

В случае если необходимо пройти какой-либо интервал скважины без отбора керна, то кроме размыва пород конструкция также позволяет реализовать «ключущий» способ бурения, эффективный при бескерновой проходке твердых нескальных грунтов. Периодически сбрасывая снаряд на забой, а затем, поднимая его над ним, добиваются механического рыхления породы на забое с последующим её размывом, что увеличивает скорость проходки.

Для отбора пробы (рис. 3, в) снаряд опускают на забой скважины. В колонну бурильных труб сбрасывается пусковой клапан 10 (шарик), который садится в седло 9 и перекрывает осевой канал 8 поршня 7. Давление жидкости над поршнем 7 повышается, штифты 11 срезаются, и он перемещается в крайнее нижнее положение. При этом канал 16 перекрывается боковой поверхностью поршня 7, а канал 13 открывается. Таким образом, полость корпуса 5 отделяется от источника давления, и жидкость поступает во впускную полость 15 гидроударника, приводя его в действие. В процессе работы гидроударника боёк 19 совершает возвратно-поступательное движение, нанося удары по наковальне 21 и верхней наковальне 6, а жидкость из выпускной полости 18 гидроударника выходит в скважину через канал 17.

Под действием ударов по наковальне 21 колонковая труба 23 башмаком 30 углубляется в грунт, который поступает в неё, отжимая лепестки кернорвателя 31. Жидкость из колонковой трубы 23 вытесняется в скважину через обратный клапан 29. При ударе по верхней наковальне 6 колонковая труба 23 не воспринимает ударных нагрузок. Поэтому даже при подскоке гидроударника над забоем колонковая труба 23 не теряет контакта с ним. Поскольку удары вниз воспринимает только колонковая труба с наковальней, а не весь снаряд с колонной бурильных труб, то повышается углубка за один удар и как следствие – механическая скорость бурения.

После окончания рейса подачу жидкости прекращают. Колонну бурильных труб поднимают, извлекая снаряд из грунта. При этом кернорватель 31 удерживает в колонковой трубе 23 отобранную пробу. Затем гидроударный буровой снаряд поднимают на поверхность.

Для конструктивной схемы усовершенствованного гидроударного бурового снаряда с колонковым набором, подвижным относительно гидродвигателя (шифр ПБС-110М), проведено моделирование процесса погружения в грунт для нескольких схем возможных компоновок низа бурильной колонны (рис. 4).

В двух первых компоновках (рис. 4, а, б) ПБС-110М отделён от бурильной колонны разъединителем, который обеспечивает его свободное заглубление в грунт без взаимодействия с бурильными трубами. Отличие заключается в лишь конструкции разъединителя, которая определяет значение дополнительной статической нагрузки, действующей на снаряд за счёт давления промывочной жидкости в бурильных трубах при отборе пробы. В третьей компоновке (рис. 4, в) со снарядом соединена вся колонна бурильных труб, а в четвёртой – разъединитель устанавливается в бурильной колонне на различной глубине (рис. 4, г). В этих схемах либо вся колонна, либо её секция выполняет функции динамического утяжелителя, имеющего возможность ударного взаимодействия со снарядом. Разъединители, используемые в последней компоновке, могут иметь различные конструкции, соответствующие как первой, так и второй компоновкам.

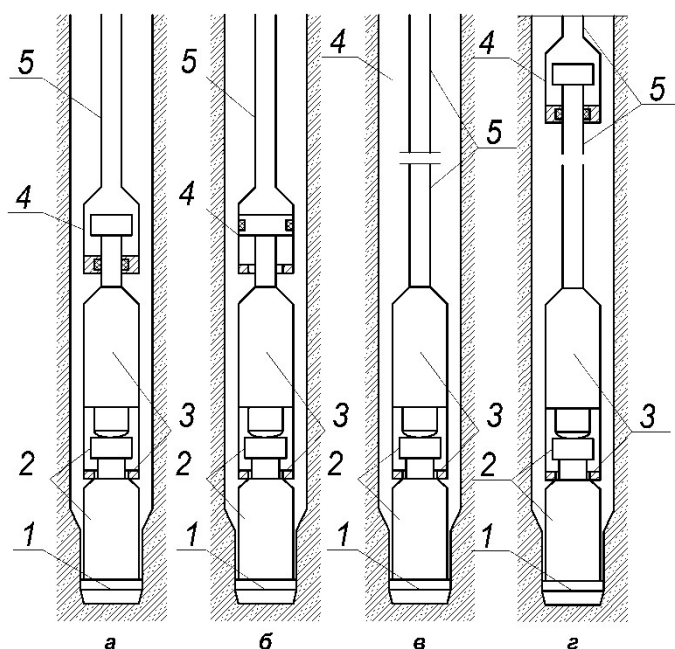


Рис. 4. Схемы возможных компоновок низа бурильной колонны при использовании ГБС с подвижным колонковым набором: 1 – башмак, 2 – колонковый набор, 3 – гидроударник, 4 – разъединитель, 5 – бурильные трубы

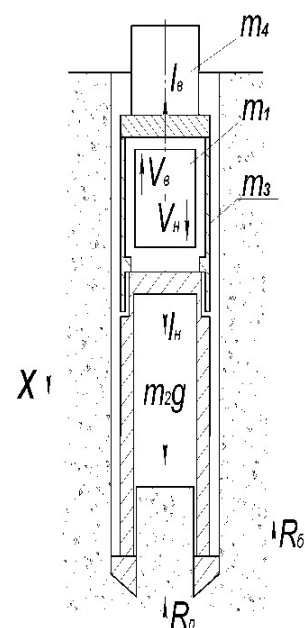


Рис. 5. Расчетная схема погружения ГБС с подвижным колонковым набором

Все четыре компоновки можно свести к расчетной схеме погружения гидроударного снаряда, который внедряется в грунт под действием ударов бойка массой m_1 , имеющего скорости соударения с наковальней V_b и V_n , соответствующие ударным импульсам I_b и I_n (рис. 5). Подвижная относительно гидроударника колонковая труба рассматривается как перемещающееся в процессе работы тело массой m_2 . При использовании динамического утяжелителя, роль которого играет бурильная колонна (или её часть), в систему добавляется тело массой m_4 , жестко связанное с корпусом гидроударника массой m_3 , который установлен с возможностью ударного взаимодействия с колонковой трубой. Кроме того, в расчетную схему добавляются силы, обусловленные давлением жидкости в бурильных трубах и снаряде, величина которых зависит от компоновки.

При этом моделирование проводилось для двух режимов работы гидроударника: с ударами по обеим наковальням (двухударный режим) и с ударом только по нижней наковальне, когда удар вверх гасится за счёт гидроторможения (одноударный режим). Компьютерное моделирование проводилось для снаряда без насосного блока, весовые параметры которого соответствуют прототипу – снаряду ПБС-110 [4; 6; 7] (масса снаряда – 141 кг, масса колонкового набора – 36 кг, масса бойка – 35 кг), при этом предупредительная скорость бойка составляла до 2,1 м/с, рабочее давление 2,5–3 МПа. Лобовое сопротивление внедрению снаряда принималось в пределах 30–110 кН, что соответствует условиям Чёрного и Азовского морей. При моделировании менялась масса динамического утяжелителя – нижней части бурильной колонны (диаметром 50 мм и 73 мм) между разъединителем и корпусом гидроударника, а также глубина моря и глубина скважины.

Примеры результатов моделирования приведены на рис. 6 и в табл. 1.

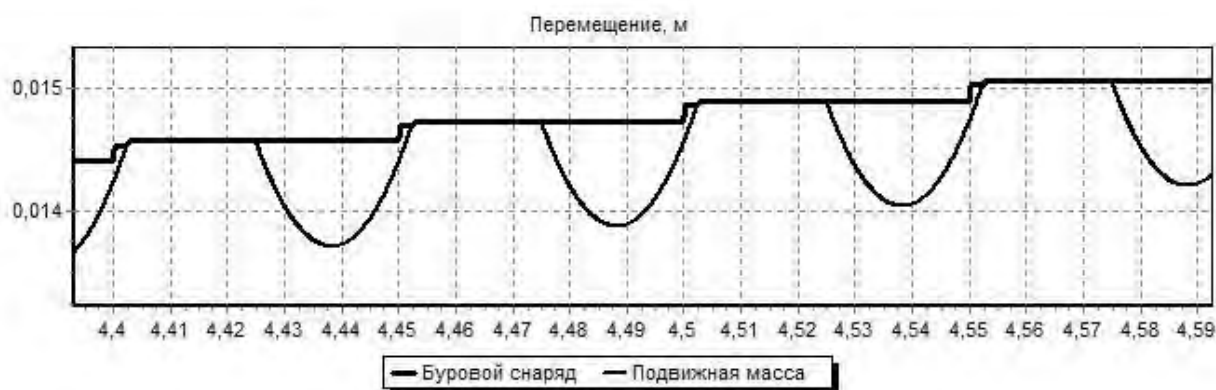
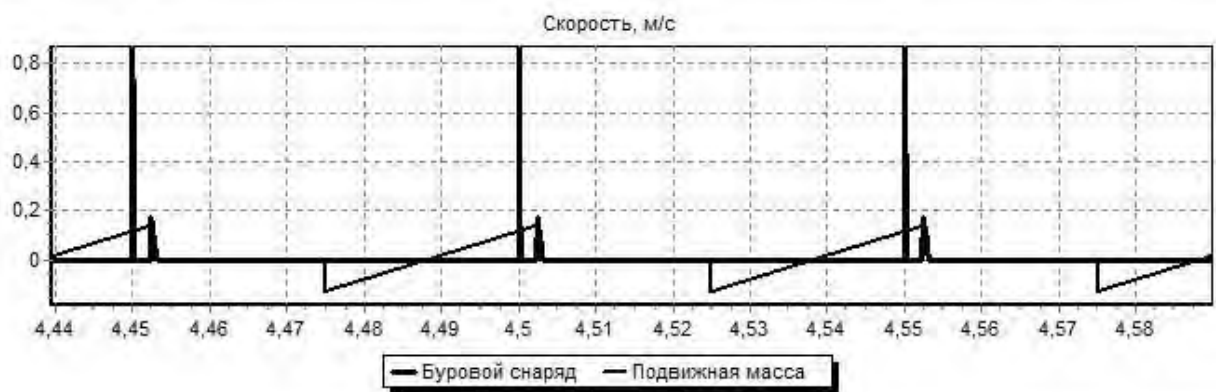


Рис. 6. Пример моделирования перемещения бурового снаряда при двухударном режиме работы гидроударника

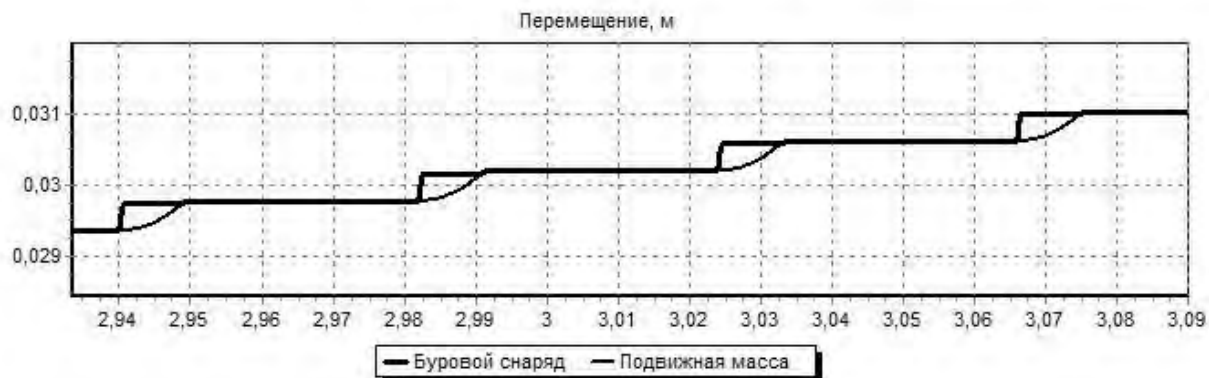
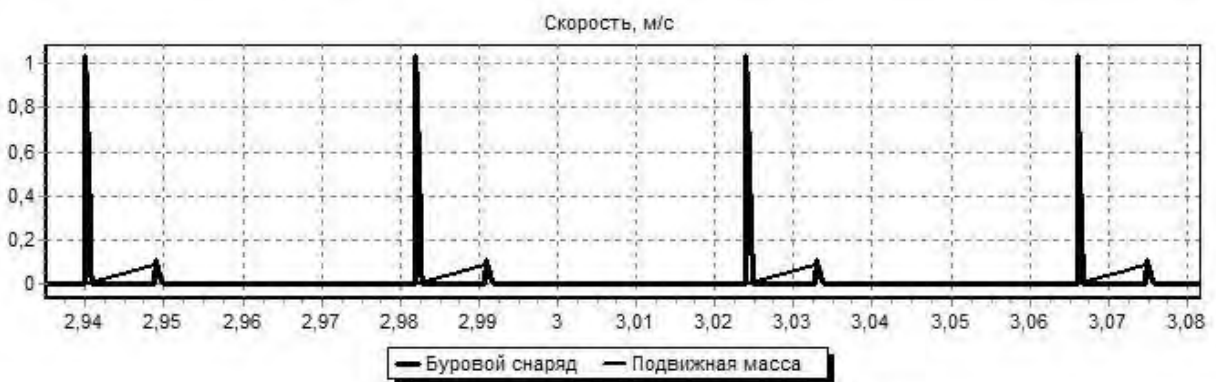


Рис. 7. Пример моделирования перемещения бурового снаряда при одноударном режиме работы гидроударника

Таблица 1. Механическая скорость бурения в зависимости от длины бурильной колонны, выполняющей функцию динамического утяжелителя (для компоновки по рис. 4, в при сопротивлении на забое 80/110 кН)

Длина колонны, м	Механическая скорость бурения, м/мин	
	Диаметр труб – 50 мм	Диаметр труб – 73 мм
20	0,37 / 0,27	0,36 / 0,27
50	0,48 / 0,34	0,53 / 0,36
80	0,49 / 0,35	0,54 / 0,37
110	0,51 / 0,37	0,59 / 0,39

Выводы

1. Для разработанной схемы бурового снаряда с подвижным колонковым набором двухударный режим погружения является более эффективным, чем одноударный (в отличие от ГБС с колонковым набором, неподвижным относительно корпуса гидроударника). Расчёты показывают, что механическая скорость бурения при двухударном режиме не менее чем на 20–25% больше, чем при одноударном режиме. Это объясняется большей амплитудой перемещения динамического утяжелителя и, соответственно, большей энергией его соударения с колонковым набором, который остаётся в постоянном контакте с забоем.

2. Из рассмотренных компоновок худшие результаты показывает компоновка, выполненная по схеме рис. 4, в, что объясняется отсутствием дополнительного усилия, действующего на снаряд, обусловленного давлением в бурильных трубах. При этом использование более тяжелых труб (с разницей в весе 1 метра почти в два раза) не оказывает существенного эффекта: при сопротивлении забоя 110 кН механическая скорость бурения увеличивается на 5–7%, в менее твердых породах (сопротивление забоя 80 кН) эта разница составляет 10–14%.

3. Лучшие результаты в общем случае могут быть достигнуты при использовании компоновки, выполненной по схеме рис. 4, г. При этом имеет смысл ограничивать длину бурильной колонны между гидроударником и разъединителем во избежание её поперечных перемещений и деформаций при работе, ухудшающих, в целом, эффективность всей ударной системы. Поэтому целесообразно вместо этой секции бурильных труб устанавливать УБТ равной массы, величина которой определяется из условия максимума механической скорости бурения.

4. Использование разъединителя по схеме рис. 4, б должно обеспечивать лучшие результаты по сравнению со схемой рис. 4, а. Однако увеличение площади поршня сверх определённых пределов может оказывать существенное влияние на работу гидроударника.

Розглянуті питання розробки гідроударного бурового снаряда для буріння геотехнічних свердловин на шельфі в породах піщано-глинистого комплексу з бурових суден і самопідйомних бурових установок (СПБУ). Вдосконалення конструкції направлено на раціоналізацію ударної системи снаряда, в якій досягається запобігання відриву колонкового набору від вибою і зменшення маси, що сприймає удар бойка, а також на забезпечення розмиву інтервалу порід, які обсіпалися, незалежно від величини подачі рідини в буровий снаряд. Для розробленої схеми снаряда проведена оцінка впливу його компоновки з бурильною колоною на механічну швидкість буріння свердловини в різних умовах експлуатації.

Ключові слова: буріння геотехнічних свердловин на шельфі, гідроударний буровий снаряд, механічна швидкість буріння.

The problems of development of hydraulic hammer tool for geotechnical offshore drilling in sandy clay sediments from drilling ships and jack-up drilling rigs (jack-up) are reviewed. Improving the design is aimed at rationalizing the impact system of the tool that could prevent gap

forming between the tool and borehole bottom, also could reduce the mass that absorbs the hammer impact and could washout sediments on collapsed interval regardless of the value of the fluid flux into the tool. For the developed tool design evaluated the influence of its layout with the drill string to the ROP in various operating conditions.

Keywords: *geotechnical offshore drilling, hydraulic hammer tool, ROP.*

Литература

1. Калиниченко О. И., Каракозов А. А., Зыбинский П. В., Парфенюк С. Н. Разработка погружных гидроударных снарядов для бурения подводных разведочных скважин со специализированных плавсредств // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр.– К.: ИСМ им. В. Н.Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2005. – Вып. 8. – С. 92–95.
2. Патент на корисну модель № 13609 UA МПК(2006) E21B 21/00, E21B 25/00, E21B 25/18. Колонковый снаряд / А. А. Каракозов, О. І. Калініченко, П. В. Зибінський. – Оpubл. 17.04.2006; Бюл. №4.
3. Патент на винахід № 81016 UA МПК(2006) E21B 21/00, E21B 25/00. Колонковый снаряд / А. А. Каракозов, О. І. Калініченко, П. В. Зибінський, 26.11.2007.
4. 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. Патент на корисну модель № 31821 UA МПК(2006) E21B 21/00, E21B 25/00. Колонковый снаряд / О. І. Калініченко, А. А. Каракозов, П. В. Зибінський, Оpubл. 25.04.2008, Бюл. №8.
6. Совершенствование технических средств и технологий отбора проб грунта при бурении геотехнических скважин с плавучих самоподъёмных установок на шельфе Чёрного моря / А. А. Каракозов, О. И. Калиниченко, П. В. Зыбинский, С. Н. Парфенюк, А. В. Хохуля, П. Л. Комарь // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения / Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 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 // Наукові праці ДонНТУ, Серія «Гірнично-геологічна». Вип. 7(135). – Донецьк, ДонНТУ, 2008. – С. 130–135.
8. Патент на корисну модель № 77828 UA МПК(2013.01) E21B E21B 25/00. Буровий снаряд / А. А. Каракозов, А. М. Рязанов, С. М. Парфенюк, І. Д. Сагайдак, Н. І. Титенок. – Оpubл. 25.02.2013; Бюл. №4.

Поступила 08.07.2013