

УДК 622.244

Ю. Д. Бессонов, канд. техн. наук¹; В. С. Слипенький, инж².

¹Национальный горный университет, г. Днепрпетровск, Украина

²Казённое предприятие «Южукргеология», г. Днепрпетровск, Украина

ОПЫТ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ

In work results of industrial check of working capacity and performance of application of the hydrodynamic amplifier of thrust load (the patent of Ukraine №200003266505) are resulted at boring. Mechanical speed at sinking of borehole in formations soft and a mean fortress is augmented in 1,45-1,7 times. The device steadily works at boring of a water supply well by depth of 150 m.

Особенностью технологии вращательного бурения скважин большого диаметра различными долотами является необходимость создания высоких осевых нагрузок [1]. Такие скважины сооружаются путём последовательного расширения пилот-скважины из-за технической сложности создания достаточной величины осевой нагрузки на долото. Многократное расширение пилот-скважины негативно сказывается на производительности бурения и стоимостных показателях. Аналогичная техническая проблема существует при бурении геотехнологических скважин при добыче метана из угленосных отложений Донбасса [2].

Таким образом, возникает технологическая необходимость в использовании специальных технических средств для создания дополнительной к весу бурового инструмента нагрузки на породоразрушающий инструмент.

Такую нагрузку можно получить путём применения специального поверхностного механизма подачи, путём включения в состав бурового снаряда забойного механизма подачи [3] или погружной машины ударного действия [4].

Однако использование специальных поверхностных механизмов подачи часто малоэффективно из-за распределённой по длине массы бурильных труб и их невысокой жесткости, а применение погружных ударников или забойных механизмов подачи требует переоборудования буровой установки.

Представляется целесообразным применение таких технических решений, которые не требуют переоборудования системы промывки буровой установки и относительно легко вписываются в существующую технологическую схему вращательного бурения скважин.

Наибольшие нагрузки буровая установка испытывает на конечных интервалах бурения скважин. На начальных интервалах, наоборот, имеет место определённый резерв энергетических возможностей. При этом резервные мощно-

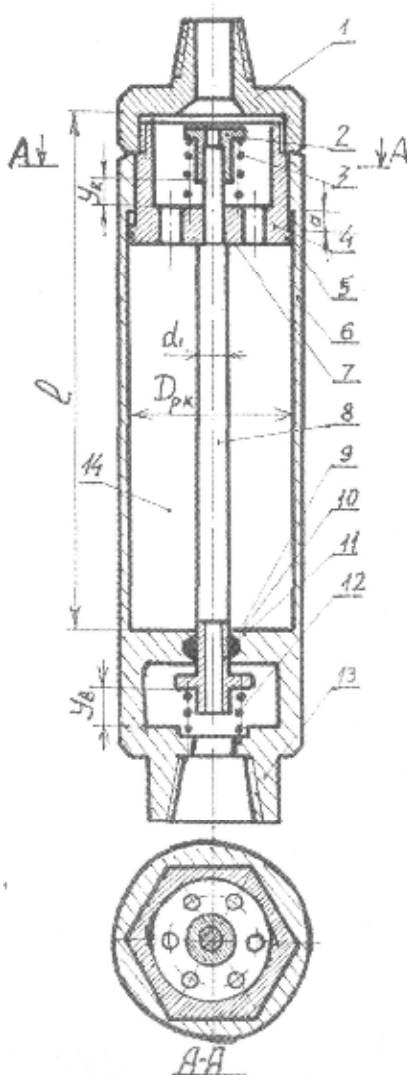


Рис. 1. Общий вид гидродинамического усилителя осевой нагрузки.

сти имеют также промывочный насос буровой установки. Имеющиеся энергетические резервы промывочной системы можно использовать путём создания дополнительного перепада давления на специальном техническом устройстве, создающим дополнительную к весу бурового снаряда нагрузку на долото.

Для решения проблемы можно воспользоваться быстропротекающими во времени гидродинамическими процессами в системе промывки скважины. Изменение состояния давления и скорости жидкости при этом в бурильных трубах нельзя считать происходящими одновременно во всех сечениях, поэтому реактивная нагрузка при переходных процессах равномерно распределена по всему промывочному каналу.

В протяженных трубопроводах (к которым можно отнести полый бурильный вал) и при длительности переходного процесса, близкого к длительности фазы гидравлического удара, исследование переходных процессов в гидросистеме проводится на основе волновой теории [5].

Анализ волновых явлений в напорном трубопроводе показал, что за счёт прямого гидравлического удара можно получить дополнительную нагрузку 1500–2000 Н с каждого литра движущейся промывочной жидкости в зависимости от её плотности, а реализация явления многократных отражений гидроударной волны в неоднородном трубопроводе позволяет многократно его усилить. Задача создания устройства для непосредственного силового воздействия на долото решается следующим образом [6].

В отличие от конструктивной схемы гидроударника с клапанным распределением движения жидкости, корпус устройства имеет удлинённую тупиковую камеру увеличенного диаметра по сравнению с подводющим трубопроводом. Место соединения камеры с подводющим трубопроводом выполняет роль верхнего отражателя, а нижняя тупиковая отражающая поверхность камеры связана непосредственно с долотом. Общий вид гидродинамического усилителя осевой нагрузки (ГУОН-а) представлен на рис. 1.

Гидродинамический усилитель осевой нагрузки работает следующим образом. Устройство опускают в скважину на бурильных трубах, присоединяются к верхнему переводнику 1. К нижнему переходнику 13 предварительно навинчивается долото. Не доводя долото до забоя на 0,5 м, подают в скважину через бурильные трубы промывочную жидкость. При этом в устройстве, благодаря наличию шпindelного шлицевого соединения 4 с корпусом 6, клапан 8 под действием пружины 3 приподнимается вверх относительно корпуса 6 на величину $\langle a \rangle$ свободного хода шлицевой втулки. Между нижним торцом клапана 8 и клапанной втулкой 11 образуется щель, через которую протекает промывочная жидкость к забою скважины.

При постановке долота на забой шпindelное шлицевое соединение 4 перемещается вниз относительно корпуса 6 вместе с клапаном 8, который нижним торцом перекрывает отверстие во втулке 11. В рабочей камере 14 у её нижнего торца создаётся гидравлический удар, который в виде прямой волны перемещается со скоростью звука по промывочной жидкости вверх до встречи с неоднородным по сечению местом соединения с бурильными трубами. В этот момент гидродинамическая волна начинает действовать на клапан 8, перемещая его вместе с клапанной втулкой 11 вниз. Отражённая от поверхности 7, обратная волна увеличивает амплитуду прямой волны в рабочей камере 14. Такие процессы отражений и последовательно перемещающейся по рабочей камере волны могут повторяться несколько раз, пока клапан 8 не остановится. Количество отражений упругой волны определяется длиной рабочей камеры $\langle l \rangle$ и продолжительностью рабочего хода распределительного устройства, а величина амплитуды-коэффициентом соединения $\langle d \rangle$ и волновым сопротивлением промывочной жидкости. Этот процесс продолжается до тех пор, пока система «клапан-клапанная втулка» не распадётся при остановке клапана 8. Клапан остановится при контакте ограничительной втулки 2 с корпусом шпинделя шлицевого соединения 4. Между клапаном и клапанной втулкой 11 образуется зазор, в который устремляется промывочная жидкость. Давление в рабочей камере резко снижается. Клапан под действием пружины 3 движется вверх до своего исходного положения. Клапанная втулка 11 по инерции, сжимая пружину 12, движется вниз до полной остановки. Затем,

клапанная втулка 11 под действием пружины 12 перемещается вверх до контакта с нижним торцом клапана. Отверстие в клапанной втулке снова перекрывается, происходит новый гидравлический удар и колебательный цикл повторяется. Давление в рабочей камере периодически изменяется. Для снижения утечек промывочной жидкости в устройстве предусмотрены манжетные уплотнения 5 и 10.

Гидродинамическая нагрузка, которая создаётся за счёт действия гидравлического удара и его множественных отражений передаётся через ограничительную поверхность 9 корпуса 6, нижний переходник 13 и долото на забой скважины.

Проектирование и создание гидродинамического усилителя осевой нагрузки базировалось на аналитических исследованиях ранее выполненных на кафедре техники разведки МПИ Национального горного университета [7, 8, 9]. Там же проведены стендовые испытания ГУОН-а, одной из задач которых, была предварительная оценка производительности вращательного бурения с включением его в состав бурового снаряда.

Сравнительные испытания проводились на специальном стенде, оснащённом буровым станком ЗИФ 650 МЭ с плавнорегулируемым приводом, насосной установкой НБ 5. В качестве породоразрушающего инструмента использовалось трёхшарошечное долото типа М диаметром 93 мм. Горную породу II категории по буримости имитировал песчано-гравийный блок высотой 600мм ($\sigma_{сж}$ = 18–20 МПа). Дополнительная к весу шпинделя динамическая нагрузка составляла 5 – 6 кН.

Средняя механическая скорость вращательного бурения по пяти скважинам блока составила 18,1 м/ч, а средняя механическая скорость по семи скважинам блока с включением в состав бурового снаряда ГУОН-а–28,2 м/ч, т.е. увеличилась в 1,55 раза [10].

Производственные испытания гидродинамического усилителя осевой нагрузки проведены в условиях Самарской ГРЭ КП «Южургеология».

Целью испытаний было установление работоспособности ГУОН'а при вращательном бурении и получение данных о росте технико-экономических показателей за счёт его применения.

Геологический разрез разведочно-эксплуатационной скважины сложен, в основном, породами II–V категорий по буримости. Литологические разновидности горных пород: суглинки II–III кат., глины– III кат., пески разномерные II кат., прослойки мергеля V категории по буримости.

Скважина бурилась сначала с отбором керна кольцевой коронкой типа СМ диаметром 112мм с последующим расширением под эксплуатационную колонну (диаметр колонны 168мм) до проектного диаметра трёхшарошечным долотом В-244,5МГ. Расширение скважины под фильтровую колонну осуществлялось долотом В-151МГ.

Буровая установка типа УРБ-3АМ с насосом НБ-32. Промывочная жидкость - малоглинистый раствор с нормальными параметрами. Параметры технологического режима бурения были одинаковыми для традиционного снаряда и с включением в компоновку ГУОНа. Статическая нагрузка создавалась весом бурового снаряда (штанги диаметром 73 мм). При проведении производственных испытаний была пробурена вращательным способом разведочно - эксплуатационная скважина глубиной 153 м 46-ю рейсами, из которых 28 рейсов с ГУОНОм и 18 рейсов с обычной компоновкой бурового снаряда. Дополнительная динамическая нагрузка от действия ГУОНа при расходе жидкости 120–150 л/мин составляла 5–6 кН, а при увеличении расхода до 240–300 л/мин - до 12–15 кН. Обобщённые результаты промышленных испытаний приведены в табл. 1.

Основные выводы комиссии:

конструкция гидродинамического усилителя осевой нагрузки работоспособна и может применяться для бурения скважин;

применение ГУОНа позволяет увеличить механическую скорость бурения в среднем в 1,7 раза;

увеличение расхода промывочной жидкости приводит к повышению производительности бурения.

Таблица 1. Обобщённые результаты промышленных испытаний ГУОН'а

Наименов горной породы	Кат. по бур.	Пробурено м, <i>обычным</i> сГУОН	Время мин. <i>обычн</i> сГУОН	Технологический режим бурения осев. число расх. нагр, оборот жидк. кН в мин. л/мин			Коэфф. роста механеск. скорости бурения, разы. $(\frac{сГУОН}{обычн.})$
Суглинок	II-III	5,6 / 2,6	73/25	2-3	110	120-150	1,36 (6,2/4,6)
Песок	II	11,6 / 8,9	102/54	7-9	-	-	1,45 (9,9/6,8)
Глина	III	17,4 / 14,3	200/203	4-6	-	-	1,38 (7,2/5,2)
Глина	IV	7,1 / 16,7	265/226	9-12	-	-	1,71 (4,4 / 2,5)
Мергель	V	5,5 / 19,2	161/363	12-13	190	240-300	1,55 (3,17/2,1)
Песок (под фильтр)	II	6,8 / 27,9	49/149	5-6	110	120	1,35 (11,2 / 8,3)

РАЗБУРКА СКВАЖИНЫ

Песок Суглинок	II	21 / 52	124/202	5	110	120	1,52 (15,5/10,2)
Глина Мергель	III	2,6 / 57	17/216	5	110	120	1,74 (15,8/9,6)
Песок (под фильтр)	II	12 / 22,7	78/87	5	110	220-150	1,77 (15,6/9,2)

Углублённый анализ результатов производственных испытаний ГУОНа, приведенных в табл. 1, позволяет отметить следующее.

Несмотря на то, что разведочно-эксплуатационная скважина проходила в два этапа (сначала пилот-скважина, затем её разбурка долотом до проектного диаметра) имел место существенный рост механической скорости на всех интервалах глубин в породах осадочного комплекса II-V категорий по буримости в 1,35-1,75 раза. В мягких породах: песках, суглинках и глинах II-III категорий по буримости рост производительности не превышал 35-45 % из-за несовершенной очистки забоя скважины и относительно небольшой величине осевой нагрузки.

При бурении пород средней категории по буримости (плотные глины и мергели) на глубинах 100 м и более общая величина осевой нагрузки от веса бурильных труб и гидродинамики ГУОНа приближалась к оптимальной и, как следствие, производительность бурения возрастала в 1,7 раза. Таким образом, применение гидродинамического усилителя осевой нагрузки без какой-либо существенной реконструкции промывочной системы буровой установки приводит к существенному росту производительности при вращательном способе бурения скважин.

Литература.

1. Справочник по бурению скважин на воду / Д. Н. Башкатов, С. С. Сулакшин, С. Л. Дрихлис, Г. П. Квашнин. – М.: Недра, 1979.
2. Угнивенко В. В. Систематизация устройств для создания дополнительной динамической нагрузки на забой при бурении скважин / Сб. Наукові праці ДонДТУ.–Вип. 24. Донецьк, ДонДТУ, 2001.
3. Вельгемут Э. А. Устройства подачи долота для бурения нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 1969.
4. Граф Л. Э. Киселёв А. Т. Техника и технология ударно-вращательного бурения гидроударниками. М.: Недра, 1967.
5. Тарко Л. М. Волновые процессы в трубопроводах гидромеханизмов. М.: Машгиз, 1963.
6. Патент України №200003266505. Гідродинамічний вібробур. /О. М. Давиденко, В.С. Сліпенький, Ю. Д.Безсонов, В. Ф. Сірик– опубл. 15.03.01. Бюл. № 3.
7. Сліпенький В. С. Методика расчёта гидродинамического ударника //Сб. научн. тр./ НГА Украины.-1999.– № 1, т. 4.–С. 119–127.
8. Сліпенький В. С. Визначення енергетичних характеристик гідродинамічного вібробура // Нафтова і газова промисловість.– 2002.– № 6. – С. 22– 25.
9. Безсонов Ю. Д., Сірик В. Ф., Сліпенький В. С. Принципи пректування гідравличного вібратора // Зб. Гірничя електромеханіка та автоматика. № 68.- 2002.
10. Бессонов Ю. Д., Сліпенький В. С. Результаты опытного бурения с применением гидродинамического усилителя осевой нагрузки в стендовых условиях. //Науковий вісник НГУ –2005, № 12. С. 73– 76.

Поступила 10.07.07.