

О.И. Калиниченко, А.В. Хохуля, С.Н. Парфенюк,

Е.В. Кошеверова

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ БЕСКОЛОННОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Прогрессивным направлением повышения производительности и рентабельности бурения инженерно-геологических скважин на шельфе, является развитие и широкое использование новой технологической схемы бесколлонной проходки скважин глубиной до 50 м. Схема реализуется с помощью погружного гидроударного бурового снаряда (ПБС-127) и предусматривает использование в течение рейса двух способов разрушения пород на забое: *с отбором керна* за счет частотно-ударного погружения бурового снаряда в осадки, а также *без отбора керна* за счет размыва пород на заданном или пройденном без крепления интервале при неработающем гидроударном механизме [1].

ПБС-127 представляет собой структурный синтез гидроударного бурового снаряда и двух пусковых узлов для дистанционного изменения способа бурения в процессе рейса. При этом с помощью верхнего узла (ВПУ) производится запуск гидроударника на фазе отбора керна, а нижним пусковым узлом (НПУ) создаются условия для работы ПБС-127 в режиме гидромониторного размыва пород при неработающем гидроударнике. Наиболее проблемным интервалом в технологическом цикле проходки скважин является фаза перехода от интенсивного гидромониторного разрушения пород на забое при максимальном расходе жидкости (Q_{\max}), на режим промывки с пониженной подачей жидкости ($Q_{\text{ном}}$), соответствующей номинальной величине расхода для эффективной работы гидроударника. Очевидно, в этот промежуток времени в скважине формируется зона, где в процессе ее промывки часть песка находится во взвешенном состоянии,

практически не меняя свою вертикальную координату. Поэтому даже при кратковременной остановке насоса, перед срывом керна, как правило, подъем снаряда затруднялся вследствие быстрого оседания песка и заполнению им всего объема кольцевого зазора между ПБС и стенками скважины. Эта ситуация иногда становилась причиной полного прихвата бурового снаряда, особенно на интервалах, сложенных мощными (15-20 м) слоями песка [1].

Сделанное предположение о причинах аварийных ситуаций, обуславливает необходимость проведения исследований, направленных в первую очередь на получение данных о состоянии ствола и характере миграции по нему водно-песчаной смеси в процессе проходки скважины. При этом, учитывая свойственные причины размыва стенок и транспортирования частиц песка по скважине, исследуемый круг вопросов сужен решением задачи определения минимально необходимого расхода воды, при котором обеспечивается подъема вымытых частиц песка из скважины.

В целом, наличие данных, количественно характеризующих диаметр и закономерность распределения скоростей жидкости по сечению пробуренных интервалов скважины, позволяет обосновать минимально необходимое значение подачи насоса Q , при этом $Q > Q_{ном} \rightarrow Q_{max}$. Одновременно, выполнение показанного соотношения требует решения инженерной технической задачи, связанной с расширением функций ВПУ, который, в этом случае, должен выполнять роль делителя потока, направляя часть жидкости ($Q_{ном}$) в гидроударник, а вторую часть $\Delta Q = Q - Q_{ном}$ - в скважину.

Поставленная задача решалась путем моделирования системы «буровой снаряд-скважина» с использованием программного продукта ANSYS. При составлении модели использованы фактические размеры ПБС-127М и режимные параметры привода, соответствующие работе гидроударного

механизма как на фазе пробоотбора (по $Q_{ном}$), так и на фазе гидроразмыва (по Q_{max}). Данные моделирования в виде графического и цифрового материала характеризовали состояние ствола скважины, при этом обеспечивалась постоянная фиксация текущего диаметра скважины и скорости потока жидкости по стволу скважины.

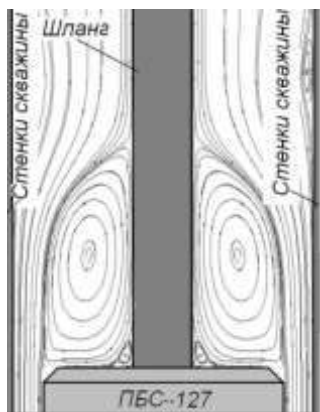


Рис. 1. Спектр потока жидкости по стволу скважины

Качественно характер спектра потока как для $Q_{ном} = 280-300$ л/мин, так и для принятого $Q_{max} = 500-520$ л/мин идентичен и в целом соответствует общепринятому представлению об образовании характерных зон по длине потока жидкости. При входе потока в участок резкого увеличения сечения ствола (над ПБС-127) образуется большая вихревая зона (рис. 1).

Этому способствует диффузорный эффект, т.е. образование большого положительного градиента давления, вызывающий частичный отрыв потока. Часть струи поворачивается и уходит к шлангу в виде вращающегося вихревого жгута. Дальнейшее перемещение жидкости происходит в виде линий тока с различной скоростью по сечению ствола.

Распределение областей скоростного потока по сечению ствола для $Q_{ном}$ и Q_{max} приведен на рис. 2 в виде симметрично расположенных участков скважины для условия чередования по стволу песка и прослоев глинистых пород.

Приведенные данные свидетельствуют о предполагаемом характере эрозии стенок скважины по длине ПБС-127М и возможном формировании зон перемещения песка над пробоотборником, и на участке резкого увеличения сечения потока жидкости.

При среднем расходе жидкости 300 л/мин (правая часть рис. 2) имеют место значительные размеры «мертвых» зон скопления частиц песка, где

скорость воды не превышает $0,1$ м/с. Кроме того, скорость потока, как над ПБС, так и по основной части ствола составляет $0,15-0,2$ м/с, что не превышает критического значения для выноса частиц с-з песка за пределы скважины. Песок в большей части находится во взвешенном состоянии.

При увеличении расхода до 500 л/мин (левая часть рис. 2) видно, что «мертвые» зоны практически разрушены, а скорость движения потока по стволу составляет $0,35-0,5$ м/с, что превышает критическую для выноса частиц песка.

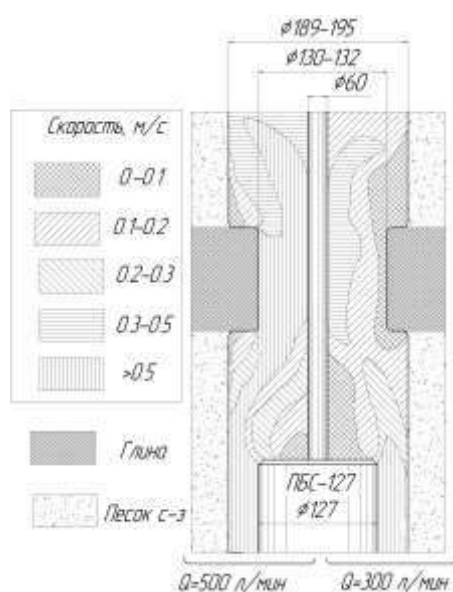


Рис. 2. Распределение областей скоростного потока по сечению ствола скважины

Полученный характер эрозии ствола (диаметры размыва ствола приведены на рис.2) и закон распределения скорости потока по сечению скважины обеспечил возможность использовать схему расчета движения твердых частиц в потоке воды, восходящем по кольцевому пространству при бурении забойными механизмами, предложенную Л.П. Шумиловым [2]. В результате исследований установлен минимально необходимый режим промывки. Для эффективного транспортирования взвесенесущей смеси, насыщенной частицами с-з песка скорость потока в кольцевом пространстве скважины

должна быть не менее $0,29-0,31$ м/с, что соответствует условию $Q \geq 440 \dots 470$ л/мин.

Это значение Q более чем на 150 л/мин превышает рабочую подачу насоса ($Q_{ном}$), необходимую для эффективной работы гидроударника.

Для исключения выделенного противоречия предложено техническое решение в виде универсального ВПУ (рис. 3), выполняющего дополнительно

функции делителя потока жидкости. При этом схема и основные конструктивные элементы, используемого в общепринятой конструкции ПБС-127 верхнего пускового узла принципиально мало изменены. В отличие от применяемого ВПУ [1], в конструкцию узла дополнительно введен подпружиненный клапан 4, размещенный над штоком 5. В штоке 5 под торцом пускового клапана 6 выполнены калиброванные делительные отверстия «з».

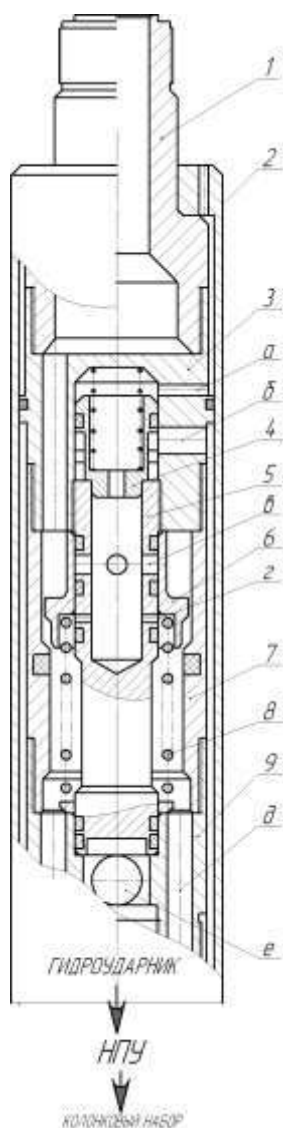


Рис. 3. Схематический чертеж усовершенствованного ВПУ

Основным элементом ВПУ является подпружиненный клапан 6, который, при работающем гидроударнике перекрывает радиальные каналы «в» в штоке 5, разделяя зону высокого давления (рабочую камеру «д» гидроударника) с зоной низкого давления (полости «е» выхода отработанной в гидроударнике жидкости в скважину). При повышенной подаче жидкости $Q = 440-470$ л/мин часть ее ($\Delta Q = 150-170$ л/мин) через делительные отверстия «з», канал клапана 4 и боковые отверстия «а» выходит в скважину через смещенные отверстия, выполненные в опорном кольце корпуса 2. Остальной поток жидкости направляется в рабочие камеры гидроударника, обеспечивая его работу в эффективном режиме.

Срабатывание узла для оперативной смены способа бурения, с выключением гидроударника, обеспечивается увеличением расхода жидкости до значения $Q_{\max} = 500-520$ л/мин и достигается с помощью регулировочного вентиля, которым традиционно оборудуется нагнетательная линия обвязки насоса.

Повышенный расход жидкости (Q_{\max}) обуславливает рост перепада в камерах цилиндра ВПУ, что приводит к смещению клапана 6 вниз с перекрытием доступа жидкости в гидроударник. При посадке клапана 6 в седло, выполненное в цилиндре 7, одновременно открываются радиальные окна «в» штока 5. За счет скоростного напора и увеличенному перепаду давления на клапане 4, последний, сжимая пружину 8, перемещается вверх, закрывая отверстия «а». При этом поток жидкости через радиальный канал «б» распределительной коробки 3, соединенной с переходником 1 свободно проходит по кольцевому сечению корпусов гидроударника в камеру НПУ. Последний направляет жидкость внутрь керноприемника колонкового набора, и далее на забой скважины, обеспечивая размыв породы.

В исходное состояние клапан ВПУ возвращается пружиной 8, при уменьшении подачи жидкости в напорную линию.

Разработанная конструкция ВПУ направлена на снижение аварийных ситуаций при бесколонном бурении скважин глубиной до 50 м установками, комплектуемыми гидроударными буровыми снарядами ПБС-127.

Литература

1. *Калиниченко О.И., Зыбинский П.В, Каракозов А.А.* Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе. – Донецк: «Вебер» (Донецкое отд.), 2007. – 270 с.
2. *Гидравлика в бурении (Вопросы теории и практики).* Труды ВНИИБТ – М: Недра, 1965.-Вып.15. – с. 82-105.