

УДК 622.24.085

## Моделирование течения жидкости в гидроударном буровом снаряде установок серии УМБ-130 при бескерновом бурении скважин

Каракозов А. А.<sup>\*</sup>, Парфенюк С. Н.

Донецкий национальный технический университет, Украина.

Поступила в редакцию 23.09.10, принята к печати 29.10.10.

### Аннотация

Рассмотрены вопросы определения утечек жидкости через насосный блок гидроударных снарядов установок серии УМБ-130 при бескерновом бурении подводных скважин. Приведены результаты моделирования течения жидкости в снаряде и определения потерь давления для различных конструкций насосных блоков.

Ключевые слова: насосный блок, моделирование, давление.

Многорейсовое бурение скважин гидроударными снарядами при эксплуатации установок УМБ-130 и УМБ-130М подразумевает чередование бескернового и колонкового способов [1]. При этом бескерновое бурение может осуществляться либо за счёт гидравлического разрушения забоя скважины, либо за счёт его комбинирования с механическим воздействием на забой. При реализации комбинированного способа разрушения породы возможно два варианта. В первом случае снаряд сбрасывается на забой, внедряется в породу, а затем поднимается над забоем, и порода, разрушаясь, вымывается из снаряда. Таким образом реализуется разновидность так называемого «клюющего» бурения. Во втором случае [2] отличие заключается в том, что снаряд предварительно внедряется в породу за счёт работы гидроударника, а не за счёт его сбрасывания на забой. Потом порода также вымывается из полости керноприёмной трубы. И если для чисто гидравлического способа бурения технология научно обоснована [3], то для более эффективных комбинированных способов она до сих пор подбиралась опытным путём и поэтому требует разработки метода её обоснования.

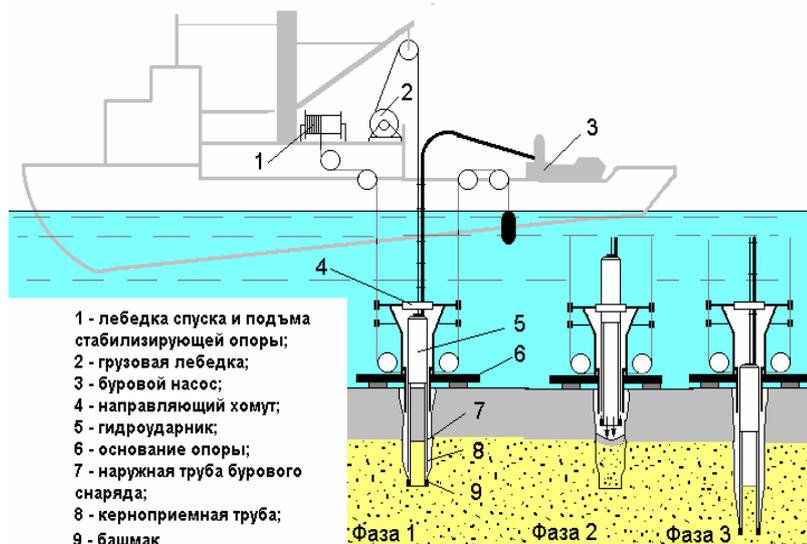


Рис. 1. Технологическая схема многорейсового бурения скважин установкой УМБ-130М.

<sup>\*</sup> Для переписки: karakozov@donntu.edu.ua

При эксплуатации установок серии УМБ-130 используется технологическая схема, приведенная на рис. 1, реализующая поинтервальное бурение скважин различными способами. На фазе 1 отбирается керн из верхнего интервала, на фазе 2 размываются обрушившиеся породы верхнего интервала, а на фазе 3 отбирается керн из нижележащего интервала. Затем фазы 2 и 3 повторяются до тех пор, пока скважина не достигнет проектной глубины.

Особенностью конструкции гидроударных буровых снарядов, используемых в составе установок, является наличие насосного блока для создания обратной промывки в полости керноприёмной трубы при отборе керна. Однако при бескерновом бурении, когда поток жидкости подаётся на забой через керноприёмную трубу, часть жидкости будет сбрасываться в скважину через насосный блок, минуя забой. С одной стороны, это снижает эффективность размыва породы на забое, а с другой стороны, утечки жидкости через насосный блок необходимы для обеспечения внедрения снаряда в грунт при комбинированном способе разрушения забоя. Поэтому для обоснования технологии бурения необходимо знать распределение потоков жидкости в буровом снаряде, которое определяется его конструкцией и, в частности, конструктивной схемой насосного блока.

Однако решение этой задачи является достаточно сложным, поскольку потери давления в насосном блоке точно рассчитать нельзя из-за взаимного влияния гидравлических сопротивлений. Следовательно, целесообразно смоделировать течение жидкости в буровом снаряде для имеющихся конструкций насосного блока и использовать полученные результаты при обосновании технологии бурения.

Целью настоящей статьи является оценка параметров потоков жидкости в гидроударном буровом снаряде установок серии УМБ-130, результаты которой необходимы для обоснования технологии бескернового бурения при комбинированном способе разрушения забоя.

В настоящее время в составе гидроударных буровых снарядов используются две разновидности насосных блоков, показанные на рис. 2 (компоновки снарядов соответствуют бурению верхнего интервала разреза без размыва пород). Конструкция насосного блока (рис. 2а) была разработана раньше и использовалась более продолжительное время в практике буровых работ, чем конструкция, показанная на рис. 2б.

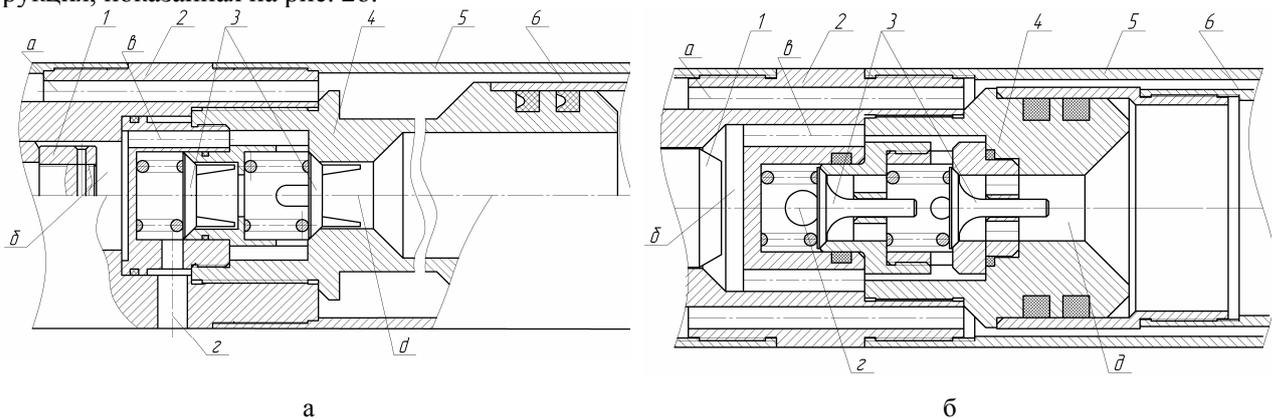


Рис. 2. Конструктивные схемы насосных блоков гидроударных буровых снарядов установок серии УМБ-130: 1 – плунжер, 2 – нижняя наковальня, 3 – насосные клапана (нагнетательный и всасывающий), 4 – втулка-седло, 5, 6 – наружная и внутренняя колонковые трубы (диаметром 127 и 108 мм); а – каналы подачи жидкости, б – рабочая полость насосного блока, в, г, д – осевой, выхлопной и всасывающий каналы насосного блока.

Принцип работы насосного блока заключается в следующем. При движении плунжера 1 вверх жидкость попадает в рабочую полость б через всасывающий канал д, всасывающий насосный клапан и канал в. При ходе плунжера 1 вниз жидкость вытесняется из полости б в скважину через канал в, нагнетательный насосный клапан и выхлопной канал г.

Эти же насосные блоки применяются и в компоновке снаряда при бескерновом бурении, когда они комбинируются с нижним распределительным узлом [1]. Однако в этом случае часть жидкости, подаваемой во внутреннюю колонковую трубу для размыва забоя, будет уходить в скважину непосредственно через насосный блок, поднимая насосные клапана 3 и вытекая через выхлопные каналы г.

Для каждой конструкции насосного блока было проведено моделирование течения жидкости в нижней части гидроударного бурового снаряда при различных значениях подач жидкости и зазоров между башмаком и забоем, а также при разных положениях насосных клапанов. Максимальная подача жидкости принята равной 600 л/мин, что соответствует реальным условиям эксплуатации буровых

снарядов установок УМБ-130 и УМБ-130М. Кроме того, при моделировании изменялись параметры кернорвателя, определяющие величину его гидравлического сопротивления течению жидкости.

Моделирование проводилось методом конечных элементов.

В результате для каждого рассмотренного случая получены графические зависимости распределения скоростей и давлений в насосном блоке и колонковом наборе бурового снаряда. Их примеры для насосного блока, выполненного по рис. 2б, представлены на рис. 3 (расход жидкости 600 л/мин). Зависимости, показанные на рис. 3а,в соответствуют расстоянию между башмаком и забоем 0,1 м, на рис. 3б,г – контакту башмака с забоем. Примеры зависимостей для насосного блока по рис. 2а приведены на рис. 4 (расход жидкости 600 л/мин, расстояние между башмаком и забоем 5 мм).

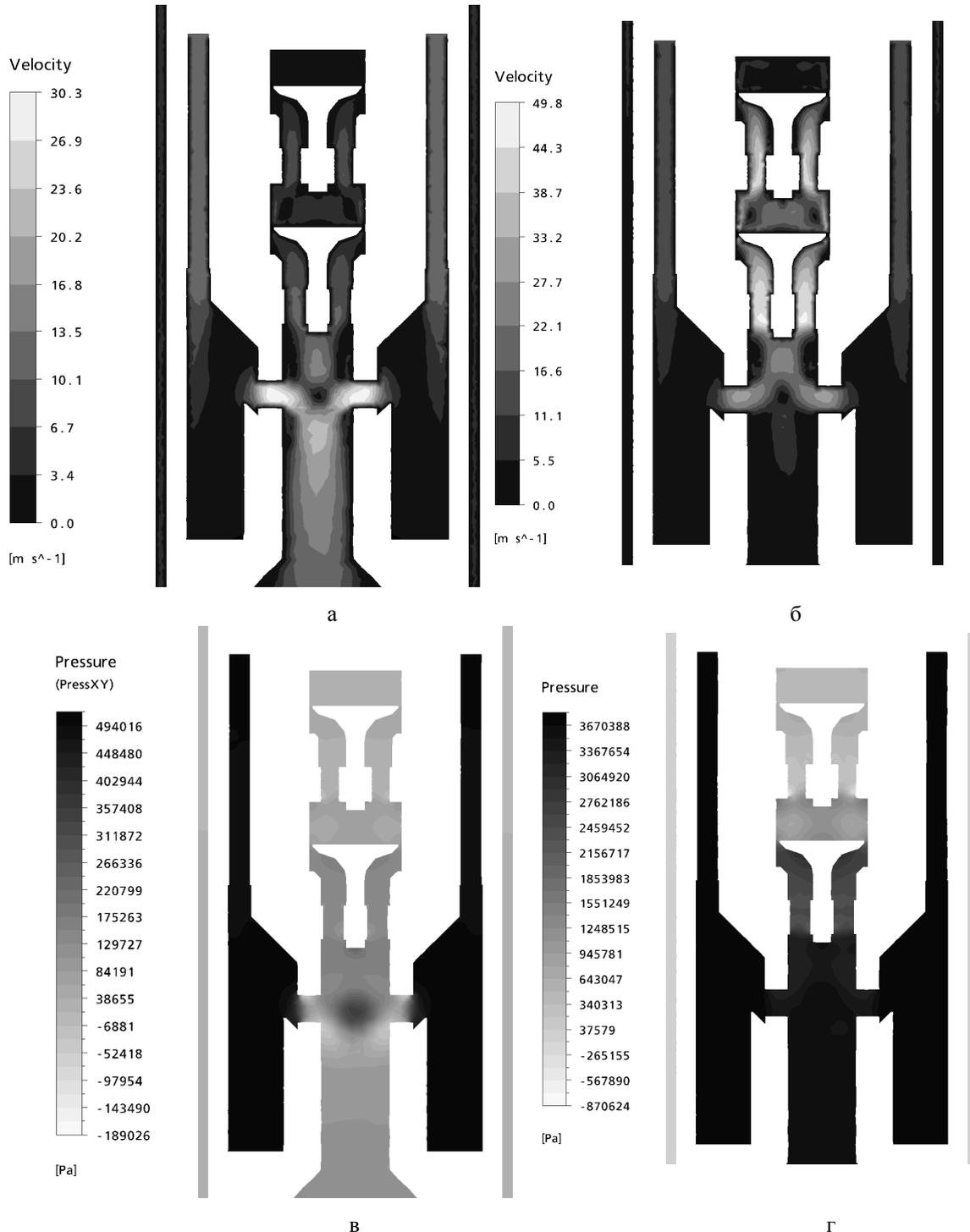


Рис. 3. Примеры графических зависимостей распределения скоростей и давлений в насосном блоке бурового снаряда, выполненного по рис. 2б: а, б – распределение скоростей; в, г – распределение давлений.

Эти зависимости позволяют получить значения коэффициентов гидравлических сопротивлений для каждой конструкции насосного блока, необходимые для определения силы сопротивления движению бурового снаряда, обусловленной гидравлическим подпором жидкости. Кроме того, они дают возможность оценить величину утечек жидкости через насосный блок, что необходимо для определения диаметра той части скважины, которая формируется при размыве вдоль поверхности колонкового набора. Сравнение расчётных и фактических значений расходов жидкости через насосные блоки позволяют судить о возможности использования результатов моделирования для обоснования технологии бурения.

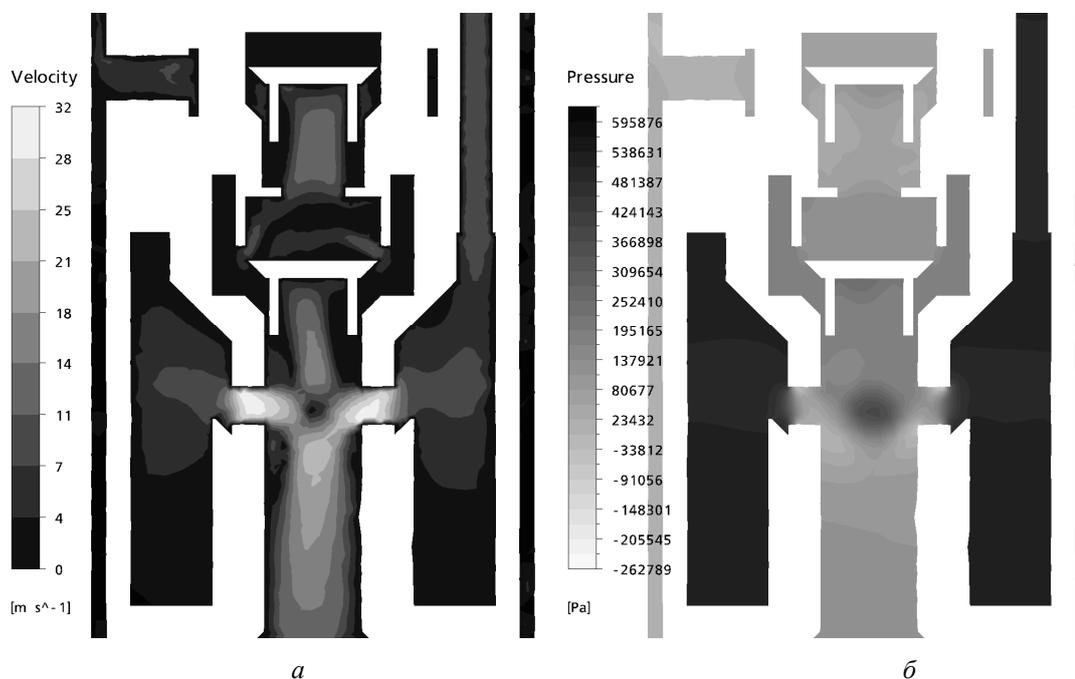


Рис. 4. Примеры графических зависимостей распределения скоростей и давлений в насосном блоке бурового снаряда, выполненного по рис. 2а: а – распределение скоростей; б – распределение давлений.

В табл. 1 и 2 приведены некоторые результаты моделирования насосных блоков при расходе жидкости 600 л/мин. В табл. 1 приведены результаты для насосного блока по рис. 2а, а в табл. 2 – для насосного блока по рис. 2б.

В табл. 3 приведены расчётные данные для насосного блока (рис. 2б) в зависимости от расхода жидкости при различных положениях снаряда относительно забоя и использовании кернорвателя с другим (большим) проходным сечением.

Таблица 1 – Результаты моделирования насосного блока по рис. 2а.

№ п/п	Расстояние до забоя, мм	Расход через насосный блок, л/с	Давление: максимальное / в колонковой трубе, МПа	Усилие подпора жидкости, кН
1	100	2,35 (23,5%)	0,566/0,151	1,13
2	5	2,42 (24,2%)	0,586/0,169	1,27
3	3	2,58 (25,8%)	0,62/0,188	1,42
4	1	3,08 (30,8%)	0,706/0,257	1,94
5	0	10 (100%)	3,47/2,91	21,95

Таблица 2 – Результаты моделирования насосного блока по рис. 2б.

№ п/п	Расстояние до забоя, мм	Расход через насосный блок, л/с	Давление: максимальное / в колонковой трубе, МПа	Усилие подпора жидкости, кН
1	100	2,42 (24,2%)	0,505/0,154	1,16
2	5	2,78 (27,8%)	0,513/0,170	1,28
3	3	3,49 (34,9%)	0,533/0,195	1,47
4	1	4,19 (41,9%)	0,746/0,385	2,90
5	0	10 (100%)	3,81/3,34	25,19

Таблица 3 – Результаты моделирования насосного блока по рис. 2б для различных расходов жидкости.

№ п/п	Расход жидко-сти, л/с	Расход через насос-ный блок, л/с	Давление максимальное/ в колонковой трубе, МПа	Усилие подпора жидкости, кН
Расстояние до забоя 100 мм				
1	6,0	1,72 (28,7%)	0,17/0,039	0,29
2	7,5	2,14 (28,5%)	0,264/0,061	0,46
3	10	1,9 (19%)	0,487/0,13	0,98
Снаряд на забое				
4	6	6 (100%)	1,52/1,34	10,11
5	7,5	7,5 (100%)	2,37/2,07	15,61
6	10	10 (100%)	3,81/3,34	25,19

Анализ результатов моделирования позволяет сделать следующие выводы.

1. Перепад давления в насосном блоке зависит от положения клапанов после их открытия и может существенно отличаться для одной и той же конструкции. Поэтому в реальных конструкциях необходимо задать ограничение хода насосных клапанов при их открытии, а для обеспечения внедрения снаряда в грунт – предусмотреть защиту от полной блокировки выхлопных каналов этими клапанами и их пружинами при перетекании жидкости через насосный блок.
2. При прочих равных условиях более высокие значения перепада давления в насосном блоке при постановке снаряда на забой соответствуют конструктивной схеме по рис. 2б. Однако даже при расходе жидкости 600 л/мин это превышение составляет не более 14%.
3. Для расхода жидкости 600 л/мин при уменьшении зазора между торцом бурового снаряда и забоем от 100 до 3 мм усилие подпора жидкости повышается не более чем на 25%. При дальнейшем смыкании зазора усилие подпора возрастает в 15-17 раз.
4. При наличии зазора между торцом бурового снаряда и забоем расход жидкости через насосный блок (в процентном отношении от общей подачи) незначительно снижается при увеличении общей подачи от 360 до 450 л/мин и уменьшается примерно в 1,5 раза при росте общей подачи от 450 до 600 л/мин.
5. При постановке бурового снаряда на забой усилие подпора жидкости значительно (не менее чем в три раза) превышает вес бурового снаряда даже при относительно небольшой подаче жидкости 360 л/мин, что обуславливает существенное торможение снаряда при внедрении в породу. При подаче жидкости 600 л/мин усилие подпора превышает вес бурового снаряда не менее чем в семь раз.
6. Сравнение расчётных и фактических утечек жидкости через насосные блоки показывает, что их разница находится в пределах 9-22%, причём большие расхождения наблюдаются при использовании в насосном блоке пружин, которые не учитывались при моделировании. Это позволяет сделать вывод о возможности использования результатов моделирования при обосновании технологии бескернового бурения.
7. Уменьшение усилия подпора жидкости и торможения снаряда при внедрении в породу может быть достигнуто за счёт снижения подачи жидкости в снаряд при его взаимодействии с забоем. Это позволит повысить эффективность бескернового бурения при эксплуатации установок типа УМБ-130.

### Библиографический список

1. Калининченко, О. И. Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе / О. И. Калининченко, П. В. Зыбинский, А. А. Каракозов. – Донецк : «Вебер» (Донецкое отделение), 2007. – 270 с.
2. Патент України на винахід №87222 МПК(2009) E25/00 Опубл. 25.06.2009, заявка а2007 13149 від 26.11.2007 / А. А. Каракозов, О. І. Калініченко, П. В. Зибінський.
3. Юшков, И. А. Обоснование технологических параметров многорейсового поинтервального бурения подводных скважин погружными установками : дис. ... канд. техн. наук : 05.15.10 / Юшков Иван Александрович – Донецк : ДонНТУ, 2004. – 194 с.

© Каракозов А. А., Парфенюк С. Н., 2011.