

УДК 622.24.085

РАЗРАБОТКА ГИДРОУДАРНИКОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

А.А. Каракозов, С.Н. Парфенюк

Донецкий национальный технический университет

Приведены результаты исследований гидроударника для бурения скважин, данные экспериментальных исследований и производственной апробации.

В практике геологоразведочного бурения давно применяются гидроударники двойного действия. Метод их расчёта [1] успешно используется при проектировании применяемых в практике буровых работ гидроударников.

Анализ работы гидроударника показал, что существующий метод расчёта требует уточнений, связанных с несимметричностью рабочего цикла, т.е. для разных величин рабочего и свободного хода бойка и площади поршня при движении вверх и вниз. Поскольку в гидроударниках используются пружины с жёсткостью до 100–150 кН/м, то необходимо учитывать влияние клапанной пружины на протекание рабочего цикла. Также в системе «насос – трубопровод – гидроударник – скважина» жидкость перетекает в скважину только на одном полуцикле (рис. 1), что нужно учитывать использованием коэффициента разрежения за поршнем при гидроударе только при ходе бойка вверх.

Кроме того, не всегда корректно оперировать средними потерями давления в гидроударнике, поскольку гидравлические сопротивления на входе в цилиндр механизма при движении бойка вверх и вниз будут различными. Например, потери давления на впускном клапане влияют только на протекание полуцикла при ходе бойка вниз. По осциллограммам, приведенным на рис. 2, видно, что уменьшение гидравлических сопротивлений на впускном клапане позволило увеличить максимальную скорость бойка на ходе вниз в 1,75 раза (2,1 м/с против 1,2 м/с). При этом продолжительность цикла уменьшилась с 61,5 мс до 45,3 мс, что увеличило частоту ударов в 1,36 раза с 16,3 до 22,1 Гц [2]. Поэтому снижение гидравлических сопротивлений на впускном клапане позволяет значительно улучшить энергетические показатели гидроударника. Следовательно, различие в гидравлических сопротивлениях на разных полуциклах также должно быть учтено в расчётной модели.

В предложенной математической модели инженерного расчёта рабочего цикла гидроударника также учтена взаимосвязь и взаимовлияние динамики бойка и клапанной группы.

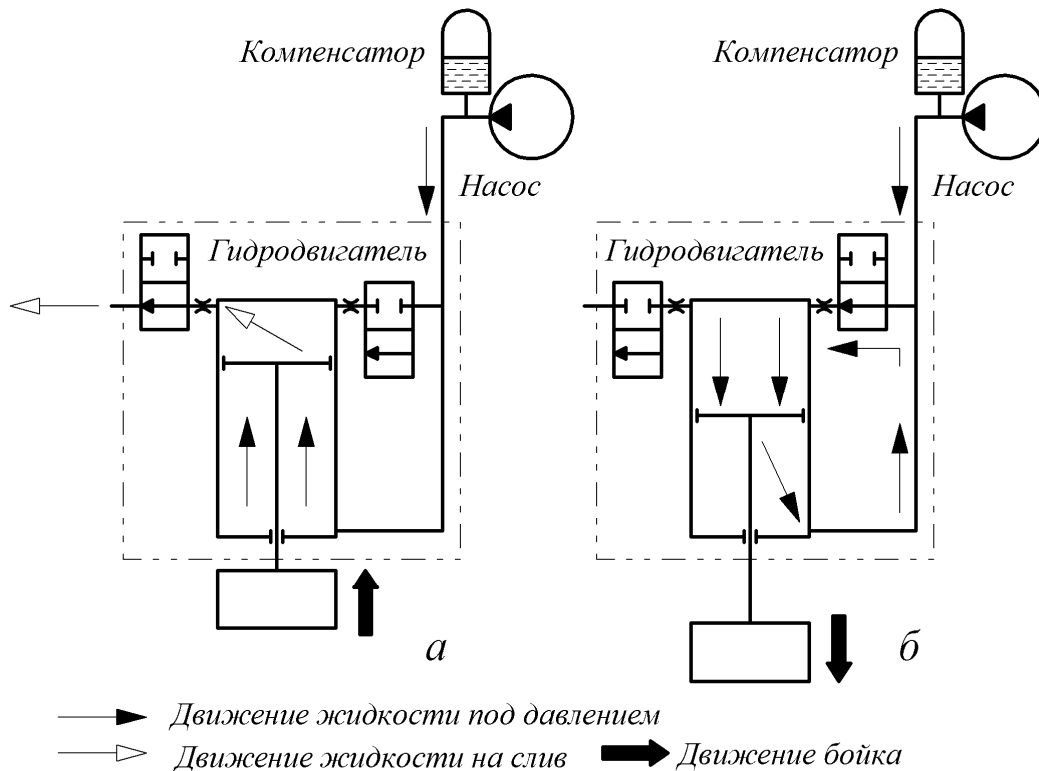


Рис. 1 Гидравлическая схема работы гидроударника при ходе бойка:
а – вверх; *б* – вниз.

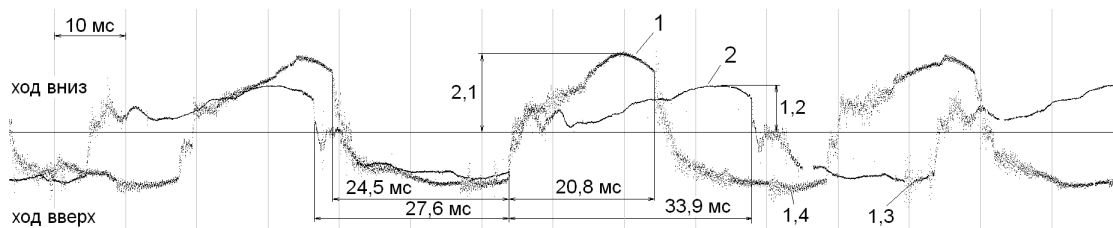


Рис. 2 Сравнение осциллограмм рабочих циклов гидроударника:
1 – после увеличения сечения потока в клапанной коробке; 2 – для исходной конструкции.

Поскольку динамика клапанной группы зависит от изначально неизвестной скорости бойка в конце рабочего хода, то сразу учесть её влияние на протекание рабочего цикла невозможно. Поэтому предварительно определяются параметры рабочего цикла гидроударника с учётом приближённого времени перестановки клапанов, соответствующего продолжительности движения бойка на свободном ходе. Затем по параметрам гидроударника в конце рабочего хода по отдельной математической модели определяется время перестановки клапанов с учётом динамики клапанной группы и характер движения бойка

на свободном ходе, после чего проводится перерасчёт параметров гидроударника и время перестановки клапанов. Если оно незначительно отличается от ранее определённой величины, то расчёт прекращают. В противном случае проводится несколько циклов расчёта по последовательному уточнению параметров гидроударника [3].

С использованием уточнённого метода получен массив расчётных данных и зависимостей для гидроударников диаметром 108 мм, анализ которых показал, что:

- Скорость бойка в конце рабочего хода, рассчитанная с учётом действия клапанной пружины, всегда меньше скорости, рассчитанной по исходной модели (без учёта пружины).
- Для всех случаев скорость бойка при ходе вниз превышает соответствующую скорость при ходе вверх, что объясняется влиянием клапанной пружины, тормозящей или разгоняющей боёк.
- При увеличении жёсткости пружины скорость бойка вверх незначительно снижается, при этом максимум скорости сдвигается в сторону меньших значений хода бойка.
- Увеличение площади трубопровода приводит к росту скорости бойка и смещению максимума скорости в сторону больших значений хода бойка.
- При прочих равных условиях увеличение жёсткости клапанной пружины приводит к некоторому снижению рабочего давления и росту КПД. Частота ударов изменяется незначительно.
- Время движения бойка на ходе вниз всегда больше соответствующей величины при ходе вверх. При этом с увеличением расхода жидкости эта разница снижается до 8% (для малых расходов она может составлять более 15%).
- Вариация скорости бойка при изменении рабочего хода без учёта клапанной пружины составляет 3-16%. При учёте жёсткости пружины вариация скорости бойка возрастает и может составлять около 40% при малых расходах жидкости и больших жёсткостях пружин. Для каждого диаметра подводящего трубопровода существует расход жидкости, при котором это значение минимально. С увеличением диаметра трубопровода минимум вариации перемещается от больших расходов жидкости к меньшим.
- При прочих равных условиях вариация для хода вниз всегда меньше, чем для хода вверх.
- Максимумы скорости бойка при учёте пружины и без него соответствуют различным значениям рабочего хода. В большинстве случаев это относится и к максимумам скоростей ударов при ходе вверх и вниз. Разница между максимумами – до 10%, возрастая вместе с

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛЯХ, ГЕОДЕЗИИ И МАРКШЕЙДЕРИИ

диаметром трубопровода и жёсткостью клапанной пружины.

- При фиксированном значении хода бойка разница между скоростями снижается с ростом расхода жидкости и возрастая с увеличением жёсткости клапанной пружины, при этом диаметр трубопровода не оказывает существенного влияния на эту величину.

Полученные результаты использовались при проектировании гидроударника диаметром 108 мм, предназначенного для интенсификации шарошечного бурения скважин на воду в условиях, когда конструкция буровой установки не позволяет обеспечить необходимую осевую нагрузку на долото при небольших глубинах скважин. Техническая характеристика гидроударника приведена в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика гидроударника.

№ п/п	Параметр	Значение
1	Диаметр корпуса гидроударника, мм	108
2	Длина гидроударника, мм	2175
3	Подача жидкости для привода гидроударника, л/мин	240 – 270
4	Перепад давления в гидроударнике, МПа	2,5–3,0
5	Масса гидроударника, кг	106
6	Энергия удара, Дж	80 – 120
7	Диаметр бурения, мм	112 – 132

Испытания разработанного гидроударника проводились при бурении скважины на воду глубиной 95 м на объекте работ ЧП «Артезиан» при поддержке специалистов СГРГП «Пивничгеология» в районе г. Белая Церковь.

Для бурения скважины использовалась установка 1БА-15В, оснащённая насосом НБ-50, с бурильными трубами диаметром 73 мм.

Скважина вскрыла граниты на глубине 70,5 м, после чего весь верхний интервал был перекрыт обсадной колонной диаметром 146 мм. Для проходки гранитов сначала было решено использовать пневмоударник, который на первых порах обеспечил механическую скорость бурения до 3 м/час. Но затем пришлось отказаться от его применения из-за больших притоков воды. Бурение было продолжено шарошечным долотом типа ОК диаметром 120,6 мм (при осевой нагрузке 11–15 кН, частоте вращения бурового снаряда 85 об/мин и подаче жидкости 250–270 л/мин). При этом механическая скорость бурения составила 0,5–0,7 м/час, что объясняется низкой осевой нагрузкой, которая была в 4,7–9,3 раза ниже рекомендуемой.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛЯХ, ГЕОДЕЗИИ И МАРКШЕЙДЕРИИ

Затем был использован гидроударник для интенсификации ша-рошечного бурения в интервале 87-95 м. При бурении с гидроударником, который устанавливался над долотом, режимы остались неизменными, однако механическая скорость бурения увеличилась до 1,5–1,7 м/час. Проходка с использованием гидроударника составила 8 м. Данные по результатам опытного бурения приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты опытного бурения скважины на воду с использованием гидроударника.

№ п/п	Интервал бурения, м	Время бурения, мин	Механическая скорость бурения, м/час
1	87–89	70	1,71
2	89–91,5	92	1,63
3	91,5–93	59	1,53
4	93–95	75	1,59

Использование разработанного гидроударника в гранитах IX–X категории позволило обеспечить прирост механической скорости при бурении долотом типа ОК диаметром 120,6 мм в 2,2–3 раза при значениях осевой нагрузки в несколько раз меньше рекомендуемой.

Библиографический список

1. Калиниченко, О. И. Развитие научных основ создания погружных гидроударных снарядов и установок для однорейсового бурения скважин на морском шельфе: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.06.05 / Калиниченко Олег Иванович. – Донецк, ДонНТУ, 2002. – 371 с.

2. Каракозов, А. А. О влиянии гидравлических сопротивлений на впускном клапане на рабочий цикл гидроударника двойного действия с дифференциальным поршнем / А. А. Каракозов, С. Н. Парфенюк // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. научн. трудов. – Киев: ИСМ им. Бакуля, 2011. – Вып.14. – С. 85-88.

3. Каракозов, А. А. Развитие теории работы и уточнение метода расчёта параметров гидроударников двойного действия с дифференциальным поршнем / А. А. Каракозов, С. Н. Парфенюк // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». Випуск 11 (161). – Донецьк, ДонНТУ, 2010. – С. 223-233.