

М. О. МУСАБАЕВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН ГИДРОУДАРНЫМИ ЗАБОЙНЫМИ МАШИНАМИ

(Представлена академиком НАН РК С. З. Кабдуловым)

Методика экспериментальных работ в производственных условиях существенно отличается от лабораторных. Требовалось собрать полноценный и достоверный материал имеющимися техническими средствами проходки скважин и приборами контроля. Так как эффективность погружных отражателей не вызывала сомнений по ранее проведенным работам, ставилась задача определить область эффективной работы системы «отражатель-гидроударник» по глубине проходки скважин по крепости слагаемых пород, установить технико-экономически обоснованные зоны применения гидроударных машин, адаптивных к горно-техническим условиям их эксплуатации.

В табл. 1 приведены результаты обработки и оценки данных проходки скважин. Для оценки основных технико-экономических показателей бурения гидроударными машинами, как база сравнения, и с теми же гидроударниками в компоновке с жестким отражателем ПО-76 было выделено четыре основных показателя.

Этими основными показателями являются: *механическая скорость бурения, проходка за рейс, сменная производительность и эффективная глубина применения*. Данные хронометражных наблюдений сгруппированы по крепости пород и разделены на интервалы с шагом от 100 до 200 м, при этом в каждом интервале количество наблюдений не менее двадцати.

По основным показателям определяются коэффициенты роста показателей (K_p). Обобщенно коэффициент роста (K_p) определяется как отношение показателей проходки скважин с использованием экспериментальной техники к показателям проходки базовой техникой. В конкретном случае коэффициент роста производительности определяется как отношение сменной производительности при бурении системой «отражатель-гидроударник» к сменной производительности бурения гидроударной машиной без отражателя.

Целью обработки результатов наблюдений и сведения их в табл. 1 и 2 является анализ общей картины процесса бурения с применением погружного отражателя ПО-76 в ударно-вращательном режиме. В конечном итоге получены данные по росту показателей поинтервально в пределах от 0 до 1500 м глубины скважины.

В табл. 1 приводятся объемы выполненных работ по внедрению погружных жестких отражателей. Бурение проводилось в разнообразных по геологическим структурам породах. Бурение только в Жайремской ГРЭ представлено широким спектром пород VIII-X категории буримости, как песчаники, известняки, аргиллиты, а также IX-XII категории как гематит, яшма, кварциты и т.д. В процессе работ проводился контрольный хронометраж и результаты наблюдений сведены в табл. 1. 2. Хронометражные наблюдения бурения с отражателем и без него по объектам ПГО «Центрказгеология» сведены в табл. 1. По скважине 3393-1 совершенно четко прослеживается повышение показателя роста (K_p) производительности с увеличением глубины скважины.

В 1988 году сотрудниками партии внедрения центральной опытно-методической экспедиции КазИМСа проводились работы по использованию погружных высокочастотных отражателей ПО-59 на объектах Зырянской ГРЭ ПГО «Востказгеология». Работы проводились на участке «Подорловский», где геологическая структура представлена породами следующего состава: алевролиты от светло-серого до темно-серых, кварциты серого цвета с зонами кальцита, эпидота и зернами граната, узловато пятнистые роговики, глинистый известняк, чередование глинисто-кремнистых и интенсивно-известковистых алевролитов, роговики по порфириду, карбонатные прожилки, порфириты темно-серого цвета, парагнейсы темно-серого цвета и т.д.

Таблица 1. Хронометражные наблюдения и их оценка по показателям роста (K_p) скв. №3393-1 Жайремская ГРЭ агр. № 12

Интервал бурения, м	Тип гидроударника	Тип забойного инструмента	Наличие отражателя	Давление на монотометре, МПа	Расход пром. жидкости, дм ³ /мин	Проходка за рейс, м	Механическая скорость, м/ч	Показатели роста, K_p		
								по механической скорости	по проходке за рейс	посменной производительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
525,2	ГВ-5	А4ДП	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	0,9	0,3			
526,0	ГВ-5	Л4ДП	ПО-76	3,0-3,5	90-110	3,21	0,91			
531,0	ГВ-5	А4ДП	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,82	0,91			
536,0	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,3	1,24			
540,5	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	3,88	0,97	1,55	4,5	3,3
544,4	ГВ-5	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	1,38	0,86			
546,0	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	6,17	0,99			
551,9	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	6,6	1,14			
559,0	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,15	1,51	1,41	4,07	2,02
564,5	ГВ-5	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	5,69	0,98			
570,3	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,70	1,75			
573,0	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,25	1,44			
577,3	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,1	0,88			
581,4	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,5	1,62			
593,7	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,55	1,28	1,43	0,71	1,45
598,2	ГВ-5	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,2	0,92			
600,4	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,2	0,93			
604,6	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	5,4	0,91			
610,0	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	3,25	0,88			
613,2	ГВ-5	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,6	0,92			
617,8	ГВ-5	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	3,4	0,87	1,0	1,56	1,91
634,5	Г-76 В	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	4,05	0,57			
638,5	Г-76В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	3,95	1,50			
642,5	Г-76 В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	3,45	1,38			
646,0	Г-76В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	3,55	1,78			
649,5	Г-76 В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	5,0	1,41			
652,5	Г-76В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	6,6	1,29	2,58	1,11	2,64
685,0	Г-76 В	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,2	0,78			
687,2	Г-76 В	02 ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,9	0,86			
707,5	Г-76 В	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,5	0,69			
724,5	Г-76 В	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	1,6	0,62			
725,1	Г-76 В	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	1,65	0,33			
729,0	Г-76 В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,0	1,46			
731,0	Г-76 В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,35	1,14	1,97	1,00	2,32
Г-76 В	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	90-110	2,1	0,24				
738,0	Г-76 В	02ИЗ	без ПО-76	3,0-3,5	85-100	1,5	0,38			
742,0	Г-76 В	02ИЗ	ПО-76	3,0-3,5	85-100	2,5	1,28	4,13	1,39	3,68
Жайремская ГРЭ скв. № 9503-II агр № 14										
886,4	Г-59	02 ИЗ	без ПО-59	2,5-3,0	30-35	0,1	0,1			
886,5	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,5-4,0	30-35	1,11	0,8			
888,5	Г-59	02ИЗ	без ПО-59	3,5-4,0	30-35	0,5	0,38			
889,0	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,5-4,0	50-55	1,02	0,62			
909,6	Г-59	02ИЗ	без ПО-59	3,5-4,0	70-75	0,15	0,20			
909,8	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,5-4,0	70	1,79	0,40	2,65	5,24	3,96
Скважина 9503-III агр. № 14										
732,2	Г-59	02 ИЗ	без ПО-59	3,0-3,5	50-60	2,0	0,75			
734,2	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,0-3,5	50-60	1,0	1,7			
751,0	Г-59	02ИЗ	без ПО-59	3,0-3,5	50-60	0,6	1,0			
751,6	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,0-3,5	50-60	2,3	1,9			
755,3	Г-59	02 ИЗ	без ПО-59	3,0-3,5	80	1,51	0,6			
756,8	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,0-3,5	80	1,3	1,4	2,14	1,12	2,16

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карагайлинская ГРЭ скв № 14 (082) агр. №2										
550,5	Г-59	02ИЗ	без ПО-59	2,2-2,8		2,02	1,2			
561,0	Г-59	02ИЗ	ПО-59	4,0-4,5		2,17	2,28			
563,2	Г-59	02ИЗ	ПО-59	1,5-4,0		2,7	2,57			
581,0	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,0-4,0		3,15	1,37	2,03	1,32	1,2
147,7	Г-59	02ИЗ	без ПО-59	3,5-4,0		2,81	2,11			
168,4	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,5-4,0		4,13	3,28			
172,9	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,5-4,0		4,19	5,3			
215,8	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,5-4,0		6,96	3,4			
241,2	Г-59	02ИЗ	ПО-59	3,5-4,0		3,68	4,18			
275,0	Г-59	02ИЗ	без ПО-59	3,5-4,0		2,4	1,39			
277,4	Г-59	02 ИЗ	без ПО-59	3,5-4,0		1,51	2,4	2,05	2,08	1,92

Таблица 2. Хронометражные наблюдения и их оценка по показателям роста (K_p) скв. №2963 Зырянновская ГРЭ (Подорловский)

Интервал бурения, м	Гип гидроударника	Тип забойного инструмента	Наличие отражателя	Давление на монотометре, МПа	Расход пром. жидкости, $дм^3/мин$	Проходка за рейс, м	Механическая скорость, м/ч	Показатели роста, K_p		
								по механической скорости	по проходке за рейс	посменной производительности
590,6	Г-76В	02ИЗГД200	без ПО-76	2,0-3,5	50-60	2,24	1,7			
592,9	Г-76В	02ИЗГД200	ПО-76	2,5-3,0	50-70	4,39	2,44	1,43	1,96	
831,0	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	4,0-5,0	40-45	2,14	1,65			
871,0	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,0	40-50	7,40	2,47	1,5	3,46	
878,4	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	4,0	45-50	6,23	2,88			
890,0	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,0-3,5	35-40	7,7	4,14	1,44	1,24	
897,7	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,0-3,5	30-35	3,0	3,75			1,14
935,4	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	2,5-3,0	50-55	3,15	2,17			
938,5	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	4,0-4,5	25-45	3,83	2,40			
990,4	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,0-3,5	30-35	8,30	3,18	1,39	1,62	
998,7	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	4,5-5,0	35-45	7,15	2,22			
1006,4	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,0	25-35	5,2	2,63	1,22	1,47	1,30
1011,6	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,5-4,5	30-35	3,0	2,11			
1035,0	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,0-4,5	35-45	6,62	1,87			
1041,6	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,0	40-50	7,3	2,44			
1050,0	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,0	35-45	6,75	3,88			
1061,5	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,0	30-40	6,78	2,92	1,69	1,5	
	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,5-4,0	40-45	2,01	2,07			1,04
1122,5	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,5-4,0	40-45	0,8	1,02			
1130,7	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,0	40-50	4,2	2,02	1,98	2,09	
1248,0	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,5-4,0	40-50	1,72	2,04			1,97
	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,5	25-35	1,4	3,78	1,85	0,81	
1289,0		02ИЗГД200	без ПО-59	3,5-4,5	20-30	1,46	2,65			
1295,7		02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,5	20-30	1,75	2,92	1,1	1,2	
1325,0	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,5-4,5	15-25	3,87	1,6			
1405,0	Г-59	02ИЗГД200	без ПО-59	3,5-4,5	25-35	2,75	1,69			2,65
1415,0	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,5	25-35	3,9	2,90			
1464,0	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,5	15-30	8,2	1,85	1,4	1,82	
1506,8	Г-59	02ИЗГД200	ПО-59	3,5-4,5	15-20	0,81	2,19			3,82

Бурение скважины № 2963 осуществлялось бригадой № 7, оснащенной станком СКБ-7. Результаты наблюдений сведены в табл. 2. Анализ результатов наблюдений показывает, что технологические параметры проходки скважины с погружным отражателем не отличаются от обычного бурения с гидроударной машиной. Но представляет интерес изменение расхода промывочной жидкости с изменением интервала бурения. Если в интервале 800-900 м расход промывочной жидкости составляет 45-50 $\text{дм}^3/\text{мин}$, то с увеличением глубины проходки скважины расход промывочной жидкости постепенно снижается до 15-20 $\text{дм}^3/\text{мин}$ на глубине более 1400 м. Давление промывочной жидкости практически стабильно, на уровне 3,5-4,5 мПа. Давление и расход промывочной жидкости исключительно взаимосвязаны и напрямую влияют на работу гидроударной машины. Контрольный хронометраж показал, что в интервале более 1000 м проходка составляет при бурении без отражателя не более трех метров за рейс при выходе керна 30-40% и 8-10 м за рейс при бурении с использованием погружного отражателя при выходе керна 90-100%. Эти данные показывают, что с увеличением интервала бурения производительность проходки скважины с использованием жесткого отражателя ПО-59 возрастает, то есть возрастают показатели роста по механической скорости, проходке за рейс и по сменной производительности. Поданным коэффициентом роста производительности (K_p) проходки скважин 3393-1 и 2963 представлено графическое изображение на рис. 1, 2.

Эти рисунки дают наглядное представление об интенсивности изменения показателя роста с изменением интервала бурения и крепости пород по буримости. По этим скважинам наблюдается

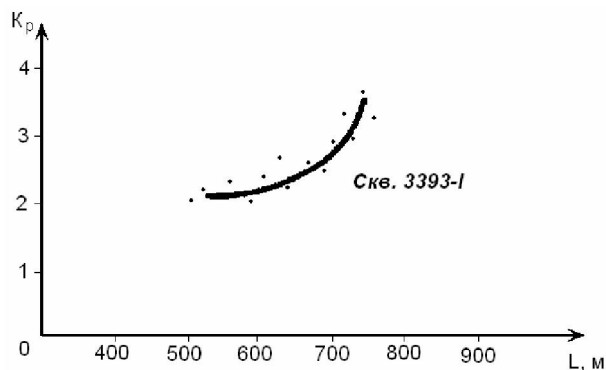


Рис. 1. Изменение показателя роста (K_p) производительности с отражателем ПО-76 (вращательно-ударное)

общая закономерность: с увеличением глубины проходки возрастает показатель роста производительности, или фактическая производительность бурения с жестким отражателем по величине все больше превышает фактическую производительность бурения гидроударной машиной без отражателя. Показатели этих данных также существенно различаются.

Если по скважине 3393-1 коэффициент роста производительности на глубине 500 и более метров имеет значение ($K_p = 2$), то есть наблюдается повышение фактической производительности на 100%, то по скважине 2963 такое же повышение производительности наблюдается на глубине бурения более 1200 метров. Это обусловлено различием слагающих пород при бурении. Проходка скважины 3393-1 осуществлялась на объектах Жайремской геологоразведочной экспедиции по крепким породам XI-XII категории буримости. Из приведенных результатов наблюдений следует, что с изменением крепости пород по буримости меняется и глубина эффективного применения погружных жестких отражателей.

Экспериментальные работы по бурению гидроударными машинами различных типов с погружными жесткими отражателями показали их высокую эффективность. Повышение производительности в зависимости от структуры пород и глубины проходки возрастает до кратных величин. Использование жестких отражателей позволяет увеличить глубину эффективного применения гидроударников в два и более раз.

На основании производственных экспериментальных работ определяем области эффективного использования системы «отражатель-машина». На рис. 3 показаны графики кривых показателей роста производительности гидроударного бурения

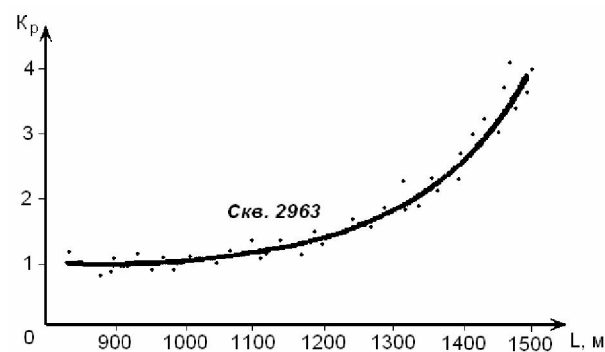


Рис. 2. Изменение показателя роста (K_p) производительности с отражателем ПО-59 (вращательно-ударное)

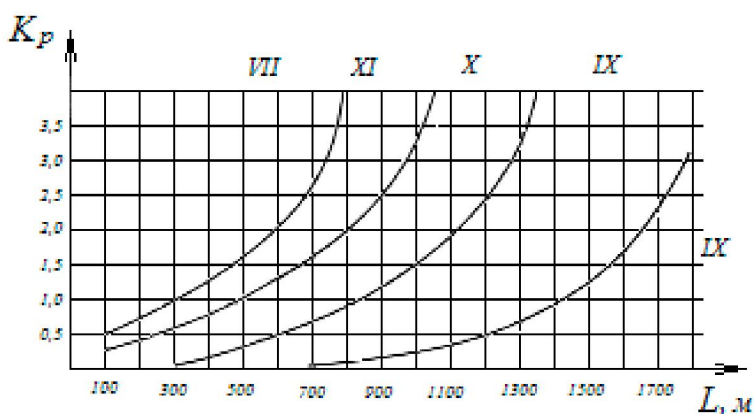


Рис. 3. Области эффективного использования системы «отрагатель-машина»

с жесткими отрагателями в зависимости от крепости пород и глубины скважин. Кривые показателей роста производительности составлены по усредненным данным вращательно-ударного и ударно-вращательного способов бурения. Коэффициенты показателей роста производительности одинаковы, как для ударно-вращательного, так и для вращательно-ударного способов проходки скважин, так как они определены в одинаковых условиях – глубина проходки, состав пород и т.д.

Рассмотрим данные бурения скважины по табл. 1. Например, в интервале 525-540 м. Этот интервал сложен крепкими породами XI-XII категории по буримости и здесь видим, что при бурении без отрагателя проходка за рейс составляет 0,8-0,9 м, механическая скорость не более 0,3 м/час, а при использовании отрагателя проходка за рейс составила в среднем более 4,0 м по механической скорости 1,0 м/час. Получено повышение по механической скорости более чем в три раза и по проходке за рейс в четыре раза. Сравним с проходкой скважины в интервале 700-731 м по породам VII категории по буримости. Здесь механическая скорость без отрагателя составила 0,6 м/час и проходка за рейс 2,16 м, с жестким отрагелем механическая скорость в среднем равна 1,3 м/час, а проходка за рейс 2,17 м. Повышение производительности получено только за счет механической скорости, но в сравнении с проходкой в интервале 525-540 м видна существенная разница, то есть на меньшей глубине эффективность погружного отрагателя проявляется лучше, чем на большей. Далее сравним с бурением скважины 2963 таблица 2. Здесь бурение по всей скважине проходит по породам частой перемежаемости и средняя крепость пород составляет VII-VIII категорию по буримости. Эффективность отрагателя на малых и средних глубинах проходки этой скважины отсутствует

или проявляется с небольшими значениями, но с увеличением глубины бурения от 800-900 и до 1400-1500 м эффективность жесткого отрагателя растет и доходит до кратных величин.

Таким образом, по этим примерам и по опыту других экспериментальных работ можно сделать следующий вывод, что погружной жесткий отрагатель в компоновке с гидроударной машиной дает повышение энергии удара на всех глубинах бурения. По слабым породам эффективность проявляется на большей глубине, так как гидроударная машина без отрагателя на малых глубинах производит достаточно оптимальное разрушение горных пород и увеличение энергии не приводит к увеличению эффективности разрушения породы на забое. В случаях проходки по крепким породам энергии гидроударной машины недостаточно даже на самых небольших глубинах проходки скважины и здесь использование системы «отрагатель-гидроударник» дает существенное повышение производительности.

Анализ хронометражных наблюдений более 6 тыс. погонных метров бурения с применением устройства «погружной жесткий отрагатель» гидравлических волн в компоновке с гидроударными машинами различных типов, а также анализ коэффициентов роста производительности (K_p), определяют границы его эффективного использования, как по глубине проходки, так и по крепости слагающих пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Граф Л.Э., Кисилев А.Т., Коган Л.И. Техника и технология гидроударного бурения. М.: Недра, 1975.
2. Ахметжанов Ф.К., Ахметов Е.А., Мусабаев М.О. и др. Результаты ведомственных испытаний жесткого отрагателя волн ПО-76 // Новое в технике и технологии бурения глубоких и разведочных скважин в Казахстане. Алма-Ата: КазПТИ, 1987.

Поступила 18.12.07г.