Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCIII, 1982 г.

УДК 622.245.35

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПНЕВМОУДАРНИКА РП-111 НА ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СМЕСЯХ С ДОБАВКАМИ ПАВ

В.Я.КЛИМОВ, И.И.НИКОЛАЕВ,
И.В.КУЛИКОВ, В.П.ПЕВЗНЕР

В настоящее время наиболее производительным способом бурения геологоразведочных скважин с продувкой воздухом является пневмоударное бурение. В 1979 г. при разведке месторождений полезных ископаемых этим способом было пробурено около 200 тыс.м скважин.

Однако установлено, что в определенных условиях при существующей технике и технологии бурения пневмоударники не обеспечивают достаточной эффективности процесса из-за возникающих осложнений. К таким условиям относятся зоны коренных пород с незначительными и умеренными водопритоками, бурение в которых сопровождается образованием шламовых сальников. Для ликвидации указанных осложнений при вращательном колонковом бурении с продувкой воздухом широко применяются газожидкостные смеси, жидкая фаза которых представляет собой растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) [4, 8].

Введение в струю сжатого воздуха растворов ПАВ создает качественно новый энергоноситель для пневмоударных машин, представляющий собой пену или туман. Вопрос о влиянии состава пены (тумана) на энергетические параметры пневмоударников в СССР изучался недостаточно и в настоящее время имеются лишь отрывочные сведения о применении таких агентов при пневмоударном бурении во Франции (фирма Cifar) и США [9].

Ряд исследований энергетических параметров пневмоударников с использованием газожидкостных агентов был проведен в горнорудной промышленности [3, 5], но газожидкостные агенты представляли собой воздушно-водяные смеси и использовались для пылеподавления.

В связи с необходимостью решения вопроса об эффективности использования пневмоударников с применением пен в условиях водопритоков в лаборатории пневмоударного бурения ОЭИ ЦНИГРИ исследовались энергетические параметры разведочного пневмоударника РП-III при работе на газожидкостных смесях с различным расходом и концентрацией растворов ПАВ.

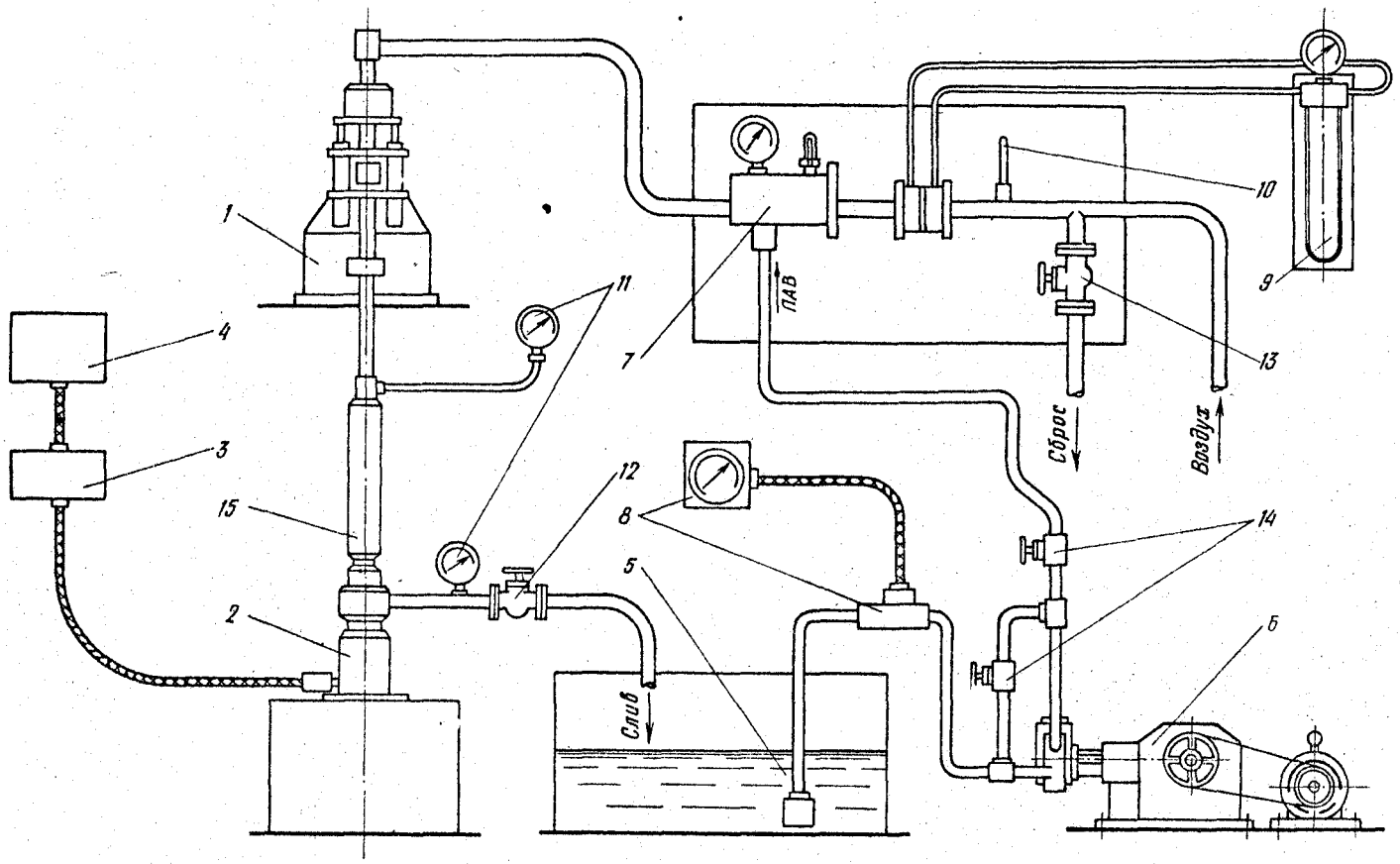


Рис.1. Схема экспериментального стенда:
1 – буровой станок ЗИФ-650М; 2 – электрогидравлическое устройство для преобразования энергии ударов пневмоударника в электрические сигналы; 3 – тензометрический усилитель УТ-4; 4 – шлейфный осциллограф Н-041; 5 – емкость для раствора ПАВ; 6 – насос НБ-1-16/25; 7 – смеситель; 8 – жидкостный расходомер РТМС-1,2; 9 – воздушный расходомер; 10 – термометр; 11 – контрольные манометры; 12, 13, 14 – регулировочные вентили; 15 – пневмоударник

Эксперименты проводились на буровом стенде (рис.I), который был оборудован буровым станком марки ЗИФ-650М, электрогидравлическим устройством для преобразования энергии ударов пневмоударника в электрические сигналы, позволяющим получать высококачественные осциллограммы ударных импульсов независимо от состава энергоносителя; тензометрическим усилителем марки УТ-4; шлейфным осциллографом марки Н-04I, пневмоударником марки РП-III. Для приготовления, подачи и контроля за параметрами газожидкостных смесей использовался комплект оборудования и приборов, включающий емкость для приготовления и сбора раствора ПАВ; насос марки НБ-I-I6/25; смеситель со встроенными обратным и предохранительным клапанами; расходомеры: для жидкости марки РТМС-I,2; для воздуха диафрагменный с дифференциальным манометром ДТ-50; термометр; контрольные манометры и регулировочные вентили.

Перед началом исследований в емкости 5 приготавливали раствор ПАВ требуемой концентрации. Сжатый воздух подавали по магистрали от компрессора ЭК-9 в пневмоударник. После набора рабочего давления в воздушной магистрали включали насос 6, вентилями I4 устанавливали необходимый расход раствора ПАВ, создавали определенную статическую нагрузку на пневмоударник и запускали его. Расход сжатого воздуха, подводимого к стенду, регулировали вентилем I3, а давление смеси контролировали манометром II, расположенным непосредственно перед пневмоударником. Ударные импульсы записывали с помощью осциллографа 4 и фиксировали в журнале показания расходов воздуха, раствора ПАВ, давления смеси. Значения энергии ударов пневмоударника A и частоты ударов n получали при обработке осциллограм (рис.2). Тарировку электрогидравлического устройства проводили путем сбрасывания эталонного груза (поршня пневмоударника РП-III) с определенной высоты по направляющим струнам, предварительно создав нагрузку на электрогидравлическое устройство (с помощью гидроцилиндров станка), равную нагрузке на пневмоударник при его работе. Величины импульсов давления, возникающих в электрогидравлическом устройстве при работе пневмоударника и регистрируемых

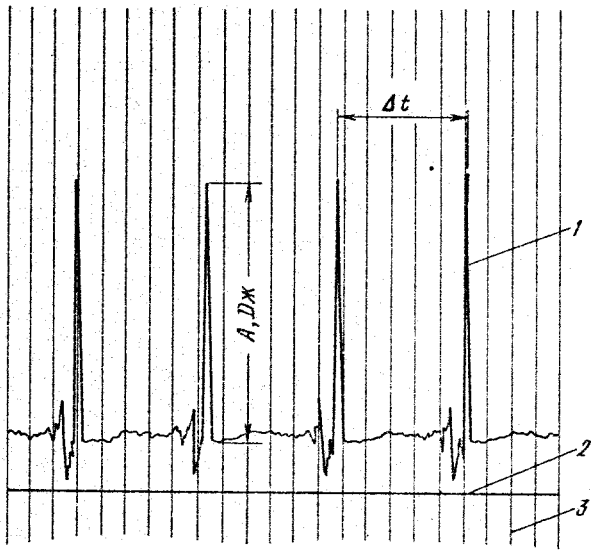


Рис.2. Вид осциллограммы ударных импульсов
1 – отметка ударного импульса; 2 – нулевая линия;
3 – отметка времени; Δt – периодичность следования импульсов, с

на осциллограмме в процессе проведения эксперимента, сравнивались с величиной энергии удара, полученной при тарировке и рассчитанной по формуле

$$A = mgh,$$

где m – масса сбрасываемого груза, кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2; h – высота сбрасываемого груза, м.

После проведения вышеуказанных измерений рассчитывали мощность пневмоударника

$$N = \frac{An}{6 \cdot 10^4},$$

где N – мощность пневмоударника, кВт; A – энергия ударов, Дж; n – частота ударов в минуту.

Исследования проводили при постоянном давлении рабочего агента, равном 0,6 МПа, при противодавлении на выхлопе пневмоударника 0; 0,1; 0,2; 0,3 МПа, при расходе раствора ПАВ или воды 0; 4; 6; 8 л/мин, при концентрации ПАВ (сульфоната) 0; 0,5; 2; 4 %.

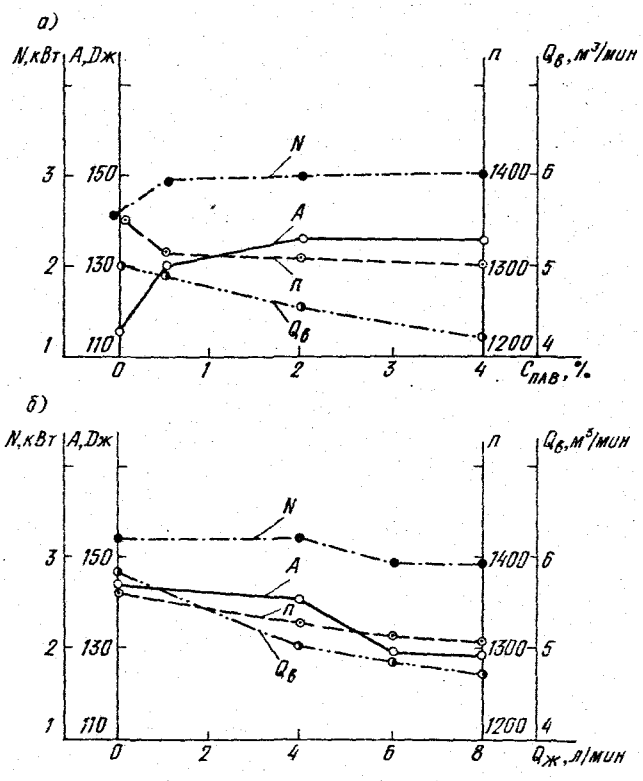


Рис.3. Энергетические параметры пневмоударника РП-111 при работе с различными энергоносителями (давление в сети 0,6 МПа): а – при неизменном расходе раствора ПАВ, равном 6 л/мин; б – при неизменной концентрации ПАВ в растворе, равной 0,5 % ($Q_в$ – расход воздуха при нормальных условиях; $Q_ж$ – расход жидкостной фазы; $C_{ПАВ}$ – концентрация раствора ПАВ)

На первом этапе исследований были получены энергетические параметры пневмоударника при работе на сжатом воздухе без добавления растворов ПАВ, на втором этапе опыты проводились с воздушно-водяной смесью при изменяющемся расходе воды, на третьем этапе – при использовании газожидкостных смесей (пен) с изменяющимся расходом и концентрацией растворов ПАВ. Результаты исследований обработаны ме-

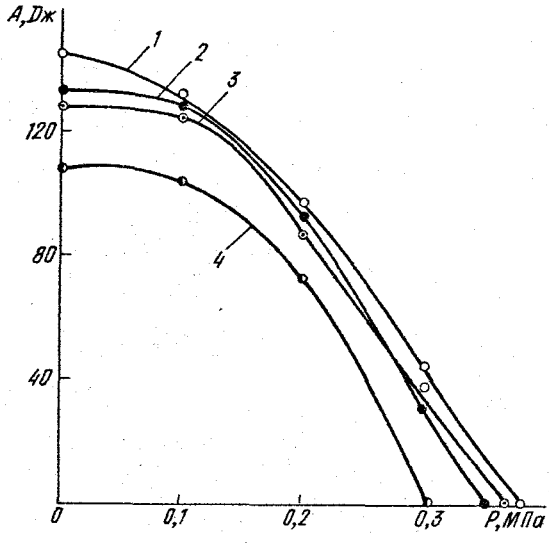


Рис.4. Изменение энергии ударов пневмоударника РП-111 при работе с различными энергоносителями с учетом *противодавления* на выхлопе P (расход жидкостной фазы 6 л/мин)
1 - сжатый воздух; 2 - сжатый воздух и 2-процентный раствор ПАВ; 3 - сжатый воздух и 0,5-процентный раствор ПАВ; 4 - воздушно-водяная смесь

тодами математической статистики (см. таблицу) и представлены на рис.3, 4.

Опытные работы показали, что энергия ударов при работе пневмоударника на воздушно-водяной смеси (расход воды 6 л/мин) резко снижается по сравнению с работой на сжатом воздухе, что подтверждается и предыдущими исследованиями [3, 5]. При использовании рабочих агентов в виде газожидкостных смесей с растворами ПАВ в качестве жидкостной составляющей (расход раствора ПАВ 6 л/мин, концентрация ПАВ в растворе 0,5–4 %) энергия ударов повышается с ростом концентрации ПАВ в пределах 0–2 %, а затем остается постоянной. Одновременно снижается расход воздушной составляющей смеси при неизменном давлении в сети во всем диапазоне исследуемых концентраций раствора ПАВ. Максимальное снижение расхода воздушной составляющей смеси составило 19 % при концентрации ПАВ в растворе 4 %.

При работе пневмоударника на газожидкостной смеси с концентрацией ПАВ в жидкостной фазе, равной 0,5 %, с увеличением количества подаваемого раствора от 0 до 8 л/мин темп снижения энергии ударов составляет в среднем 2 Дж на 1 л подаваемого раствора.

Частота ударов пневмоударника с увеличением концентрации ПАВ в газожидкостной смеси от 0 до 4 % и увеличением подачи раствора до 8 л/мин снижается незначительно. В первом случае снижение составляет 0,7 %, во втором 0,3 %.

Ударная мощность пневмоударника при работе на воздушно-водяной смеси с расходом воды 6 л/мин на 18,7 % ниже мощности, полученной при работе на сжатом воздухе. При использовании в качестве энергоносителя газожидкостной смеси с содержанием ПАВ 0,5–4 % в жидкостной фазе и расходом ее, также равным 6 л/мин, ударная мощность повышается по сравнению с работой на воздушно-водяной смеси. Наибольшее повышение ударной мощности наблюдается при концентрации ПАВ в смеси 2 % и составляет 15,4 %. Однако и в этом случае ударная мощность на 6 % ниже, чем при работе на

Результаты исследования работы пневмоударника РП-111 на газожидкостных смесях

Состав жидкостной фазы смеси	Расход жидкостной фазы, л/мин	Энергетические показатели	Статистические показатели					
			Количество опытов	Величина среднего	Дисперсия	Коэффициент вариации, %	Относительная ошибка, %	Погрешность среднего
Без жидкости	-	Энергия ударов, Дж	9	144,2	59,65	5,4	1,8	4,8
		Частота ударов в минуту	9	1349	163,4	1,0	0,3	8,0
		Расход воздуха при нормальных условиях, $м^3$/мин	9	5,7	0,08	5,0	1,6	0,2
		Ударная мощность, кВт	9	3,2	-	-	-	-
Вода	6	Энергия ударов, Дж	8	116,7	67,0	7,0	2,5	5,5
		Частота ударов в минуту	8	1357	708	2,0	0,7	18
		Расход воздуха при нормальных условиях, $м^3$/мин	8	5,0	0,03	3,4	1,2	0,1
		Ударная мощность, кВт	8	2,6	-	-	-	-
0,5-процентный раствор ПАВ	6	Энергия ударов, Дж	8	129,4	20,9	3,5	1,3	3,1
		Частота ударов в минуту	8	1333	66,3	0,6	0,2	6,0
		Расход воздуха при нормальных условиях, $м^3$/мин	8	4,9	0,1	1,6	0,6	0,1
		Ударная мощность, кВт	8	2,9	-	-	-	-
2-процентный раствор ПАВ	6	Энергия ударов, Дж	8	136,4	17,9	3,1	1,1	2,8
		Частота ударов в минуту	8	1323	22,5	0,4	0,1	3,0
		Расход воздуха при нормальных условиях, $м^3$/мин	8	4,6	0,008	2,0	0,7	0,1
		Ударная мощность, кВт	8	3,0	-	-	-	-
4-процентный раствор ПАВ	6	Энергия ударов, Дж	8	135,2	26,0	3,8	1,3	3,4
		Частота ударов в минуту	8	1310	349,1	1,4	0,5	13
		Расход воздуха при нормальных условиях, $м^3$/мин	8	4,2	0,01	2,4	0,8	0,1
		Ударная мощность, кВт	8	3,0	-	-	-	-

Окончание таблицы

Состав жидкостной фазы смеси	Расход жидкостной фазы, л/мин	Энергетические показатели	Статистические показатели					
			Количество опытов	Величина среднего	Дисперсия	Коэффициент вариации, %	Относительная ошибка, %	Погрешность среднего
0,5-процентный раствор ПАВ	4	Энергия ударов, Дж	8	141,3	2,04	1,0	0,4	1,0
		Частота ударов в минуту	8	1341	36,6	0,5	0,2	4,0
		Расход воздуха при нормальных условиях, $м^3$/мин	8	5,0	0,008	1,8	0,6	0,1
		Ударная мощность, кВт	8	3,2	-	-	-	-
0,5-процентный раствор ПАВ	8	Энергия ударов, Дж	8	129,9	11,5	2,6	0,9	2,3
		Частота ударов в минуту	8	1332	82,4	0,7	0,2	6,0
		Расход воздуха при нормальных условиях, $м^3$/мин	8	4,7	0,1	1,7	0,6	0,1
		Ударная мощность, кВт	8	2,9	-	-	-	-

сжатом воздухе. При изменении количества подаваемого раствора ПАВ от 0 до 8 л/мин ударная мощность снижается на 9,4 %.

Измерения расхода воздушной составляющей смеси при постоянном давлении рабочего агента и концентрации раствора ПАВ показали, что при изменении расхода раствора ПАВ от 0 до 8 л/мин он снижается на 21,2 %.

Изменение расходно-энергетических параметров пневмоударника с ростом концентрации ПАВ в жидкостной составляющей смеси объясняется изменением свойств образующейся газожидкостной системы. Так, пенообразующая и диспергирующая способность растворов ПАВ возрастает до максимального значения при достижении критической концентрации мицеллообразования (ККМ), после чего скорость диффузии молекул ПАВ в поверхностный слой уменьшается и указанные характеристики растворов ПАВ остаются практически постоянными вплоть до предела растворимости ПАВ или понижаются [6, 7]. В то же время добавление ПАВ в газожидкостную смесь приводит к росту ее внутренней энергии и вязкости [1, 2]. Таким образом, увеличение энергии ударов с ростом концентрации ПАВ в жидкостной составляющей до 2 % связано, повидимому, с ростом внутренней энергии газожидкостной системы, а снижение частоты ударов и расхода воздушной составляющей смеси вызвано ростом ее вязкости и, следовательно, увеличением гидравлических сопротивлений при проходе смеси через каналы пневмоударника.

В процессе исследований изучалось также влияние противодавления на выхлопе пневмоударника при работе с различными энергоносителями. Результаты измерения энергии ударов в качестве основного показателя работы пневмоударника обобщены и представлены на рис.4. Анализ результатов измерений показал, что применение воздушно-водяной смеси ухудшает работу пневмоударника и на повышенных противодавлениях (кривая 4). Энергия ударов при работе с раствором ПАВ как при отсутствии противодавления, так и при повышенных противодавлениях, отличается от энергии ударов при работе на сжатом воздухе незначительно.

Выводы

1. Применение газожидкостных агентов с содержанием ПАВ в жидкостной фазе позволяет расширить область высокопроизводительного пневмоударного бурения в породах с незначительными и умеренными водопритоками.

2. Расходно-энергетические параметры пневмоударника РП-III при работе на газожидкостной смеси с добавками ПАВ изменяются в зависимости от расхода и концентрации пенообразующего раствора. Так, с повышением концентрации ПАВ в жидкостной составляющей увеличивается ударная мощность и снижается расход воздуха в смеси, а с повышением расхода раствора ПАВ ударная мощность и расход воздуха снижаются.

3. Предполагается, что изменение расходно-энергетических параметров пневмоударника с ростом концентрации ПАВ в жидкостной составляющей смеси связано с изменением свойств образующейся газожидкостной системы.

4. Максимальная рабочая концентрация ПАВ в пенообразующем растворе не должна превышать ККМ, так как при дальнейшем ее увеличении энергетические параметры пневмоударника не возрастают.

5. Энергия ударов при работе пневмоударника с раствором ПАВ на повышенных противодавлениях снижается незначительно по сравнению с работой на сжатом воздухе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амиян А.В., Мурадян И.М. Некоторые свойства пен и водовоздушных смесей. – В кн.: Нефтепромысловое дело. М., ВНИИОЭНГ, 1966, № 3.

2. Амиян В.А., Васильева Н.П., Мурадян И.М. Энергия упругой системы (пен) в условиях скважины. – В кн.: Нефтепромысловое дело. М., ВНИИОЭНГ, 1966, № 6.

3. Бегагоев И.А., Пономарчук А.Ф., Шаблий Л.А. Влияние состава воздушно-водяной смеси на рабочие параметры пневмоударника с бесклапанным воздухораспределением. – Труды НИГРИ, 1969, № 13.

4. Гао-Лу-Линь. Применение поверхностно-активных веществ при бурении с очисткой забоя сжатым воздухом в обводненных условиях. – Изв. вузов. Геология и разведка, 1962, № 4.

5. Зиновьев А.А. Исследование работы погружного молотка на воздушно-водяной смеси. Изв. СО АН СССР, 1960, № 9.

6. Ребиндер П.А. Взаимосвязь поверхностных и объемных свойств поверхностно-активных веществ. - В кн.: Успехи коллоидной химии. М., Наука, 1973.

7. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М., Химия, 1975.

8. Филатов Б.С., Макурин Н.С. Способ устранения осложнений с продувкой газообразными агентами. А.с. № 131711, кл. 5а (СССР).

9. Vanormer H.P. - Rock Products, 1974, N 8.