УДК 622.233.053

Ю.Д.МУРАЕВ, **М.И.КУЗЬМИН**
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

СКВАЖИННЫЙ ДЕМПФЕР

Для повышения качества буровых работ необходимо снижать вибрации породоразрушающего инструмента. Этой цели служит предложенный скважинный демпфер, предназначенный для работы в условиях бурения с пенами.

It is necessary to decrease the vibration of bits to increase the productivity of drilling. This hole damper decrease the vibration when we use the foam liquids.

При проведении буровых работ большое внимание уделяется вопросам снижения вибрации колонны бурильных труб (КБТ) и породоразрушающего инструмента. Особое значение борьба с вибрациями приобретает при алмазном и бескерновом бурении сравнительно глубоких скважин малого диаметра, широко применяющихся при поисках и разведке месторождений твердых полезных ископаемых. Процессы генерации колебаний в скважинах достаточно детально изучены и широко освещены в литературе. Указывается, что в призабойной части скважины наиболее активны продольные колебания. При алмазном бурении частота колебаний пропорциональна количеству одновременно взаимодействующих с забоем алмазов и укладывается в частотный диапазон 7-20 кГц [1]. При бескерновом бурении усредненная частота продольных колебаний составляет 42-87 Гц; движение шарошек по забою 5-50 Гц; колебания, вызываемые ударами зубьев долота о забой скважины 100-500 Гц; высокочастотные колебания, обусловленные кавитационными и турбулентными процессами в гидравлической системе скважины – 500-5000 Гц. Размах низкочастотных колебаний не более 43,2 мм, а высокочастотных не более 0,3 мм.

В буровой практике в настоящее время используются различные технические устройства, снижающие отрицательное воздействие вибраций на результаты бурения, но наибольший эффект дает лишь комплексное использование технических средств в сочетании с рациональной технологией проходки скважин и, в частности, с условиями промывки.

Эффективным способом бурения в сложных геологических условиях является использование структурированных газожидкостных очистных агентов и, в частности, пен.

Демпфирующие свойства газожидкостной смеси связаны с гистерезисом оболочек пузырьков в растворе поверхностно-активных веществ (ПАВ), который, в свою очередь, определяется смачивающей способностью системы по отношению к подложке. Установлено, что пузырек тем активнее сопротивляется тангенциальным силам, чем выше скорость его соударения с вибрирующим телом, поэтому наиболее эффективно пена гасит высокочастотные колебания в скважине. Другим фактором является вязкость пены, создающая сопротивления при перемещении пузырьков внутри системы и возрастающая с повышением давления по стволу скважины, а также уменьшение диаметра пузырьков под воздействием давления и возрастание толщины их оболочек. Сила, необходимая для перемещения линии смачивания из неподвижного положения, так называемая критическая сила линии смачивания [3], определяется из выражения

$$\Psi = K(1-\cos\theta),$$

где K – определяемый экспериментально коэффициент пропорциональности; θ – краевой угол смачивания.

В работах ряда авторов (М.А.Эйгелес, В.И.Классен, К.А.Разумов, Б.Д.Сумм, Ю.В.Горюнов, В.И.Мелик-Гайказян и др.), показано, что тонкие слои воды оказывают сопротивление силам, стремящимся переместить их вдоль твердой поверхности. Это сопротивление тем больше, чем больше начальное ускорение смещения, и еще более возрастает при насыщении тонких прослоек жидкости, например, оболочек пузырьков пены, поверхностно-активными веществами. Так, при изменении равновесного краевого угла натекания от 10 до 70° сила прилипания возрастает примерно в 40 раз [3]. Все это вместе взятое приводит к тому, что для перемещения пузырька по смоченной шероховатой поверхности в условиях узкой щели требуется определенное, довольно высокое, давление пробоя.

Механическая прочность газожидкостной двухфазной системы и ее демпфирующие свойства проверялись при воздействии на пузырьки ударных волн различной частоты и интенсивности [4]. Был отмечен резкий перепад давления на фронте взрывных ударных волн. Причем эффективность гашения волн была значительно выше, чем в чистой воде, и возрастала с увеличением концентрации пузырьков. Изменений структуры, связанных с разрушением пузырька, при этом не отмечалось. Полученные в проведенных опытах степени снижения параметров ударной волны оказались достаточно высокими: для удельного импульса $I = 8\text{-}10$ Па·с при плотности потока энергии $E = 240$ Дж/м^2 степень снижения давления составила $B_\text{р} = 17{,}5$ при расходе воздуха для создания пузырькового экрана в пределах 0,5 м^3/мин.

В данном случае степень снижения давления гидроударной волны $B_\text{р}$ определялась как отношение давления в данной точке при взрыве в отсутствии пузырьковой завесы (ПЗ) к давлению при таком же взрыве при наличии ПЗ. Давление на фронте гидроударной волны рассчитывалось по формуле Коула с учетом закона геометрического подобия для аммонита № 6 ЖВ:

$$P = 35\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r}\right)^{1{,}05},$$

где P – давление, МПа; Q – масса заряда, кг; r – расстояние, м.

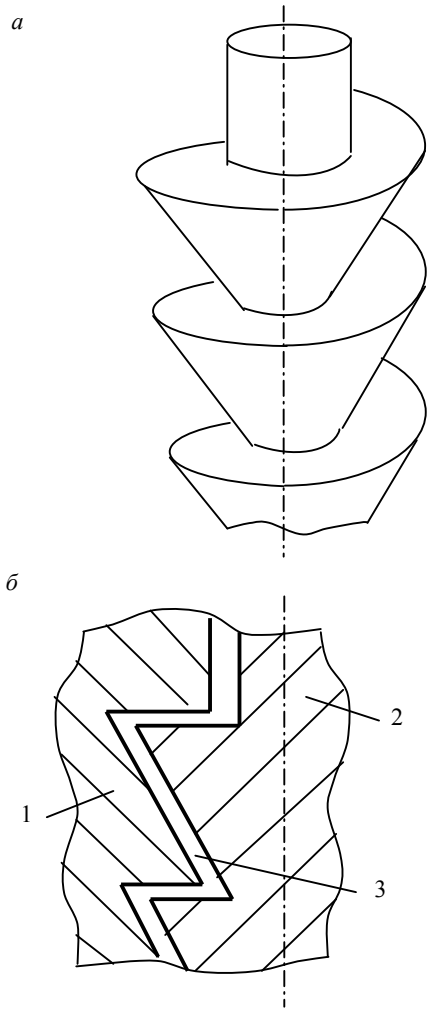
В настоящее время имеется комплекс технических и технологических средств, позволяющих существенно снизить интенсивность колебаний породоразрушающего инструмента. Сюда относятся разнообразные виброгасители, непосредственно связанные с колонковым набором, резиновые и резинометаллические центраторы, размещенные по всей длине колонны, смазка бурового снаряда и т.п. Но имеющиеся устройства зачастую дороги, недостаточно надежны и поэтому не нашли широкого применения.

При бурении разведочных скважин с промывкой газожидкостной смесью представляется целесообразным использовать скважинный демпфер, предназначенный для подобных условий и разработанный в СПГГИ [2].

Принцип действия предложенного устройства состоит в том, что при вибрациях породоразрушающего инструмента происходит последовательное вытеснение и всасывание структурированной газожидкостной смеси в зазоре между эквидистантными поверхностями, одна из которых связана с породоразрушающим инструментом, а другая – с КБТ (см. рисунок).

Для получения максимального эффекта необходимо обеспечить большую площадь контакта подвижных рабочих поверхностей, между которыми находится структурированная газожидкостная смесь. С этой целью рабочие поверхности были выполнены в форме двух пересекающихся (прямой и косой) геликоидных поверхностей (см. рисунок, *а*, *б*). Рабочая полость с помощью клапана может соединяться с затрубным пространством, что необходимо для выравнивания давлений в скважине и в рабочей полости демпфера до начала работы.

Вытеснение структурированной газожидкостной смеси из зазора между сближающимися поверхностями связано с затратами энергии на деформацию пузырьков, т.е. преодолением сил упругости, на преодоление сил поверхностного натяжения и на перемещение смоченного периметра по поверхности.



Геликоидные поверхности (*а*) и схема взаимного положения прямой и обратной геликоидных поверхностей (*б*)

1 – поверхность, связанная с породоразрушающим инструментом; 2 – поверхность, связанная с бурильными трубами; 3 – зазор, заполненный газожидкостной смесью и связанный с рабочей полостью

Считая линейной зависимость скорости перемещения смежных поверхностей от осевой нагрузки и пренебрегая их незначительным продольным перемещением друг относительно друга, закон изменения усилия при постоянной скорости сближения можно представить выражением

$$P = (\pi/2)\mu v(d + D)(A/h)^3,$$

где μ – вязкость газожидкостной системы; v – скорость перемещения поверхностей; A – длина образующей геликоида; h – зазор между поверхностями; d и D – внутренний и наружный диаметры геликоида.

Очевидно, что усилие P, необходимое для сближения поверхностей, возрастает в кубе в зависимости от расстояния между ними, т.е. осуществляется эффективное гашение колебаний, связанного с породоразрушающим инструментом корпуса 1 скважинного демпфера (см рисунок) относительно бурильной трубы (2). Представленный скважинный демпфер разрывает жесткую динамическую связь колонны бурильных труб с буровым наконечником.

Таким образом, при проходке скважин в сложных геологических условиях перемежающихся по твердости трещиноватых горных пород целесообразно использовать бурение с газожидкостными очистными агентами в сочетании со скважинными демпферами предложенной конструкции, что позволяет оптимизировать условия отработки шарошечных долот и алмазных коронок с целью повышения их работоспособности и увеличения производительности разведочного бурения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Архипов А.Г.* Механизм разрушения при алмазном бурении и его акустико-спектральная характеристика / ВИТР. СПб, 2000.

2. Патент № 2147670 РФ. Скважинный демпфер / В.С.Литвиненко, Б.Б.Кудряшов, Ю.Д.Мураев и др. 2000. Бюл. изобр. № 11.

3. *Сумм Б.Д.* Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д.Сумм, Ю.В.Горюнов. М.: Химия, 1976.

4. *Цейтлин Я.И.* О локализации действия гидроударной волны взрыва пузырьковой завесой / Я.И.Цейтлин, Р.А.Гильманов, В.Г.Нилов // Взрывное дело. М.: Недра, 1980. № 82/39.