

УДК 622.233.95

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЕСТЕСТВЕННО ЗАКРУЧЕННЫХ СТЕРЖНЯХ

Рынди́н В. П., д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Естественно закрученные стержни (ЕЗС) широко применяются в технике. К ним относятся лопасти воздушных винтов, лопатки осевых паровых и газовых турбомашин, элементы строительных конструкций и т. д. В последние десятилетия исследователи уделяют достаточно большое внимание динамике ЕЗС [1, 2], но волновые ударные процессы в них еще недостаточно изучены.

Рассмотрим применение ЕЗС, как генераторов импульсных моментов, в ударных системах бурильных машин с целью их совершенствования. Под совершенствованием ударного бурения будем считать мероприятия, которые позволяют увеличить механическую скорость бурения в крепких породах. Попытки разработать генераторы импульсных моментов известны [3], но это были довольно сложные устройства и в промышленности, по разным причинам, они не прижились.

Известно, что скорость ударного бурения, примерно, пропорциональна мощности ударного узла (произведению энергии ударов на их частоту).

Энергия к коронке поступает в виде энергии импульсов упругой деформации штанги, которая зависит от скорости перемещения импульса, площади сечения штанги и предупредной скорости бойка. Часть энергии поступает от податчика штанги и ее вращателя. Определяющее влияние на скорость бурения в крепких породах имеет именно ударная мощность. Ее увеличение за счет диаметра штанги исключено, так как будет затруднено удаление штыба из шпура. Скорость бойка ограничивается тем, что при превышении значения в 10 м/с возникают пластические деформации в соударяющихся деталях.

Отрицательное влияние на скорость бурения является то, что при ударе буртик хвостовика штанги отходит от корпуса бурильной головки и передача усилия подачи на коронку прерывается из-за ударной деформации штанги. Отсюда следует, что при ударном разрушении породы коронкой усилие подачи отсутствует. Податчик восстанавливает усилие подачи значительно позже. Это видно [4, 5] по осциллограммам усилия подачи./ В момент удара нагрузка в стакане, который передает штанге усилие подачи, падает до нуля.

Энергоемкость разрушения породы сдвигом, примерно, в десять раз меньше, чем при сжатии. Это позволяет повысить производительность бурения для крепких пород. Известно, что после прохождения через естественно закрученный стержень (ЕЗС), включенный в буровую штангу, осевой удар-

ный импульс разделяется на продольный импульс и импульс крутящего момента [6], по форме напоминающий один период синусоиды. Импульсный крутящий момент имеет продолжительность, соизмеримую с продольным ударным импульсом (несколько сотен микросекунд). Поэтому при разрушении породы крутящим моментом развивается мощность, которую может обеспечить только волновой способ ее подвода, когда энергия переносится импульсом продольной деформации штанги. Таким образом, импульсный крутящий момент может сыграть такую же определяющую роль в совершенствовании вращательно-ударного бурения, какую сыграл продольный ударный импульс в становлении ударного бурения по крепким породам.

Рассмотрим ударную систему с ЕЗС (рис.1) и осциллограммы импульсов, возникающих в ней при ударе [4, 6].

Продольный импульс 6 и импульс крутящего момента 7 перемещаются по штанге с разными скоростями. Для совершенствования разрушения породы совместным воздействием этих двух импульсов, необходимо определить в какой последовательности во времени они выходят из ЕЗС.

По осциллограмме отраженный импульс 8 приходит к датчику 4 позже импульса 6 на 600 мкс, пройдя путь в 3,14 м. Отраженный импульс крутящего момента 9 приходит к датчику 5 позже импульса 7 на 600 мкс, пройдя путь в 1,9 м. Следовательно, скорости продольного импульса и импульса крутящего момента равны, соответственно, 5200 м/с и 3200 м/с.

Допустим, что оба импульса выходят из ЕЗС одновременно. Тогда импульс 6 пройдет до датчика 4 расстояние 1,71 м за 329 мкс, а импульс 7 это же расстояние - за 534 мкс. Импульс 7 на осциллограмме должен быть позже импульса 6 на $534 - 329 = 205$ мкс. Расстояние между датчиками 4 и 5 равно 0,62 м. Это расстояние импульс 7 пройдет за 194 с. Поэтому начало импульса 7 необходимо сдвинуть влево на 194 мкс. Тогда импульс 7 на осциллограмме будет запаздывать относительно импульса 6 на $400 - 196 = 204$ мкс. Таким образом, мы экспериментально доказали, что из ЕЗС импульс крутящего момента и импульс продольный выходят одновременно. Это позволило разработать конструкцию буровой машины [7], в которой продольный импульс и импульсы крутящего момента будут участвовать в разрушении породы одновременно. Этим можно компенсировать отмеченное ранее явление снятия усилия подачи со штанги в момент удара,

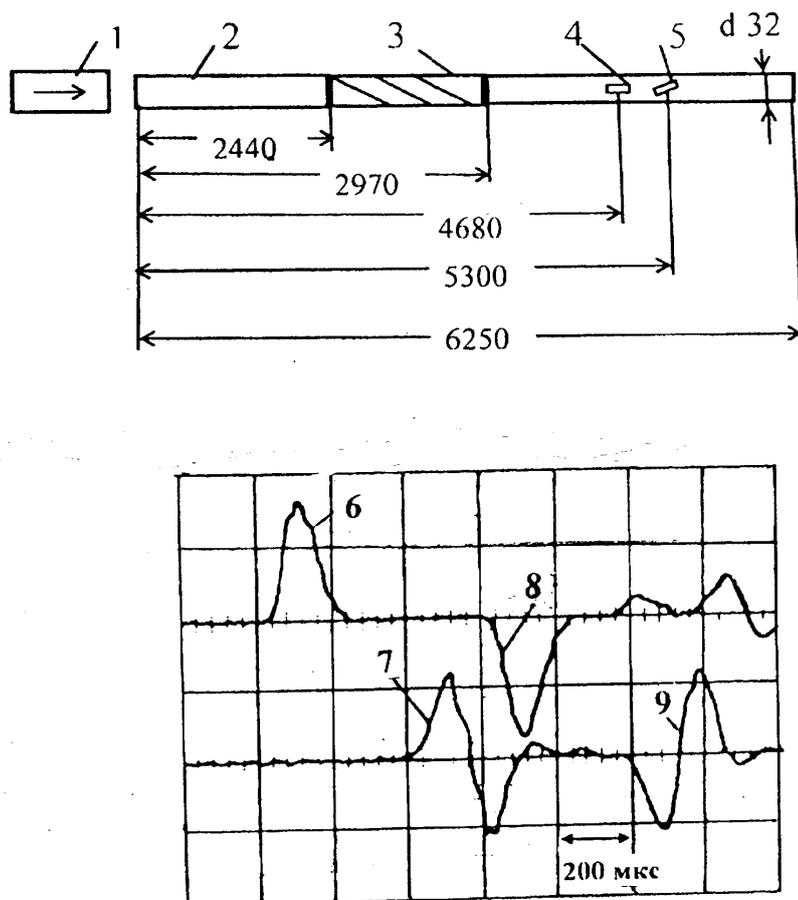


Рис. 1. Схема буровой штанги с ЕСЗ и осциллограммы продольного ударного импульса, импульса крутящего момента: 1 – боек; 2 - штанга; 3 – естественно закрученный стержень; 4 – датчик осевого усилия; 5 - датчик крутящего момента; 6 – осевой импульс; 7 – импульс крутящего момента; 8 - отраженный продольный импульс; 9 – отраженный импульс крутящего момента

Список литературы:

1. Жилин П. А. Прикладная механика. Теория тонких упругих стержней. СПб.: Из-во Политехн. ун-та. 2007. - 101 с.
2. Алексеев Н. В. Теоретические и экспериментальные методы исследования прочности и жесткости естественно закрученных стержней: Автореферат...дис. докт. техн. наук. - Новосибирск, 1997. - 330 с.
3. Бегагоен И. А. Бурильные машины/ И. А. Бегагоен, А. Г. Дядюра, А. И. Бажал // М., изд-во «Недра», 1972, - 368.

4. Рындин В. П. Волновые процессы в штангах бурильных машин ударного действия: монография/ В. П. Рындин, Т. В. Смирнова; ГУ КузГТУ. - Кемерово 2009. - 190 с.

5. Рындин В. П. К вопросу совершенствования ударного бурения. //Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). 2016. - №8. – С. 146 – 150.

6. Рындин В. П. Некоторые особенности распространения ударных импульсов в стержнях// Вестник Кузбасского государственного технического университета.- Кемерово, 2004. - №4.- С.20-21.

7. Пат. № 167239 РФ: МПК E21B 6/02 (2006.01). Буровая машина для вращательно-ударного бурения в горных породах / Рындин В. П.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). - № 2016129660/03, заявл. 19.07.2016; опубл. 27.12.2016, бюл. №36. - 2 с.