

УДК 622.233.5.05

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УДАРНОГО БУРЕНИЯ

В. П. Рындин, д.т.н., профессор кафедры горных машин и комплексов
Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева

Рассмотрен способ получения импульсов крутящего момента в естественно закрученных стержнях (ЕЗС). При распространении ударного импульса по стержню, часть которого состоит из ЕЗС возникает импульсный крутящий момент продолжительности, которого соизмерима с длительностью осевого ударного импульса. Это дает возможность разрушать породу при бурении скалыванием. Предел прочности породы на скалывание, примерно, в десять раз меньше, чем на сжатие, что позволяет создать эффективный буровой инструмент для крепких пород.

Основные закономерности распространения осевых и изгибающих ударных импульсов в стержневых системах достаточно полно изучены и изложены в литературе. Разработаны методы расчета, учитывающие влияние формы бойка, изменения поперечного сечения стержневого волновода на характер распределения напряжений в ударной системе, что имеет большое значение для создания долговечных и производительных бурильных машин.

Известны работы по генерации в буровой штанге, наряду с осевыми крутильных колебаний. Совместное их воздействие на коронку может дать определенное увеличение скорости бурения за счет комбинированного воздействия на породу продольного и крутильного импульсов. Для этого разрабатывались специальные генераторы крутильных импульсов с поршневым ударно-импульсным вращателем или кольцевым ударником. Разработка надежных новых ударных механизмов с тангенциальным ударом требует значительных затрат труда и времени. Поэтому следует искать иные пути возбуждения продольных и крутильных колебаний в ударной системе, при которых использовались бы хорошо отработанные ударные узлы серийных бурильных машин.

Нами были проведены экспериментальные исследования крутильных колебаний в стержневой системе при прохождении продольного ударного импульса через ЕСЗ, являющимся частью волновода

Естественно закрученным стержнем называется стержень, образованный движением плоской фигуры (поперечного сечения стержня), вращающейся с некоторой угловой скоростью, по мере того как центр тяжести этой фигуры движется вдали оси стержня. В простейшем случае естественно закрученный стержень можно получить, если на круглом стержне прорезать винтовую канавку. Примером естественно закрученного стержня является обыкновенное спиральное сверло по металлу.

После прохождения естественно закрученного стержня осевой ударный импульс разделяется на продольный импульс и импульс крутящего момента, по форме напоминающий один период синусоиды.

Направление мгновенной колебательной угловой скорости в первую половину периода импульсного момента совпадает с направлением естественной закрутки стержня. Из конца ЕЗС продольный и крутящий импульсы выходят одновременно. По мере распространения по стержню 4 импульс крутящего момента (скорость распространения 3400 м/с) отстает от продольного импульса (скорость 5000 м/с). Импульс крутящего момента образуется на конце естественно закрученного стержня по ходу распространения упругой волны.

При входе продольного импульса в естественно закрученный стержень импульсный момент не образуется. Импульсный крутящий момент имеет синусоидальную форму при небольших длинах закрученного стержня. Если длина последнего превышает продольный импульс, то между полуволнами импульсного момента образуется горизонтальный участок, совпадающий с нулевой линией моментов. Оптимальная длина участка штанги из закрученного стержня равна длине продольного импульса. В этом случае полуволны импульсного крутящего момента противоположного знака не накладываются и не гасят друг друга и, следовательно, обладают большей энергией. Промежутка между полуволнами нет. Увеличение участка штанги из естественно закрученного стержня свыше длины продольного импульса позволяет в пределах, определяемых длиной штанги, изменять время прихода второй полуволны к торцу штанги.

Данная ударная система позволяет за счет изменения длины участка штанги, расположенного после закрученного стержня, совмещать по времени импульсы осевого и крутящего моментов, так как они распространяются с разными скоростями.

На рис.1 показана схема ударной системы и осциллограммы осевого усилия и крутящего момента. Диаметр естественно закрученного стержня составляет 32 мм, длина – 530 мм, угол подъема винтовой линии 45° . Из осциллограммы следует, что импульс крутящего момента, отражаясь от свободного конца стержня, меняет свой знак.

Наибольшее отношение энергии крутильного и продольного импульсов возникает для естественно закрученного стержня диаметром 50 мм, при угле подъема $\alpha = 45^{\circ}$. При этом максимальный крутящий момент достигает 680 Нм, а осевое усилие – 190 кН.

Скорость бурения зависит от мощности, подведенной к буровому инструменту. Удар позволяет развить на буровой коронке значительную мощность. Например, если энергия ударного импульса равна 100 Дж, а продолжительность удара 300 мкс, то развиваемая мощность на буровом инструменте составит 333 kW. Этим можно объяснить эффективность ударного бурения для крепких пород.

Импульсный крутящий момент имеет продолжительность, соизмеримую с осевым, и поэтому может развивать мощность, которую может обеспечить только волновой способ ее подвода, когда энергия переносится интенсивными осевыми и крутильными импульсами микросекундной продолжительности, работающими совместно. Разумеется, для таких нагрузок должны быть разработаны специальные коронки.

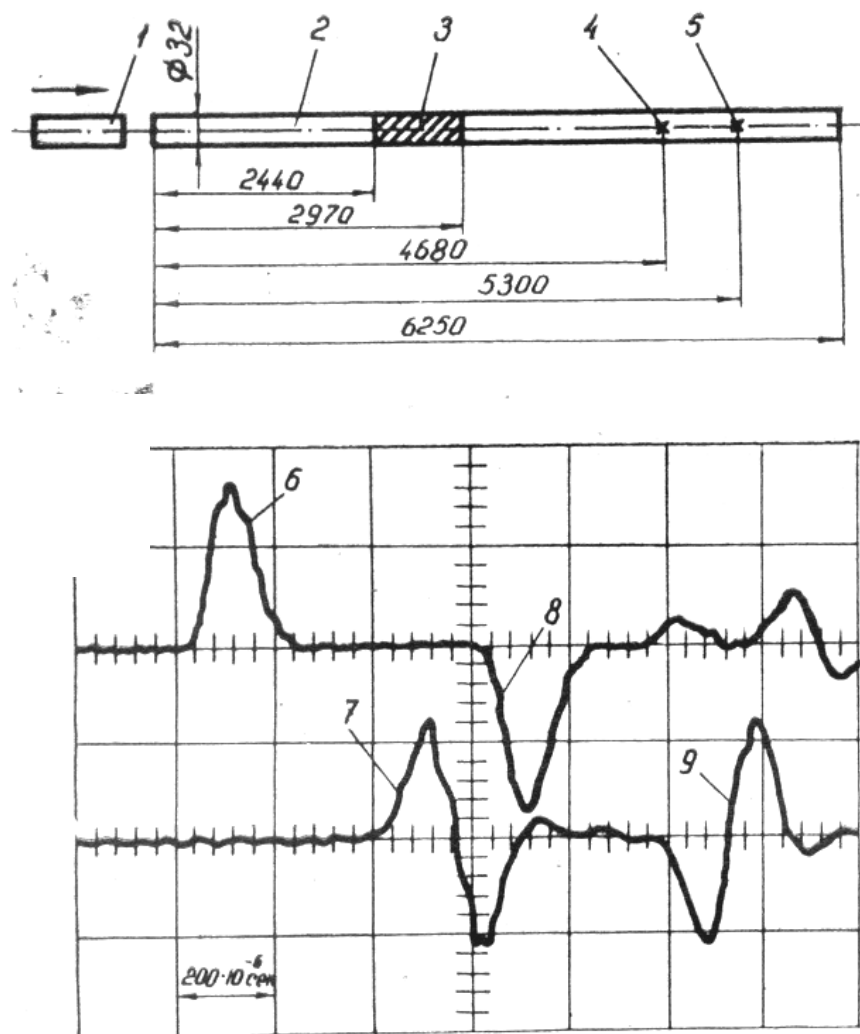


Рис. 1. Схема ударной системы с естественно закрученным стержнем ($\alpha=45^\circ$) и осциллограммы осевого усилия и крутящего момента. 1-боек; 2-штанга; 3-естественно закрученный стержень; 4-датчик осевого усилия; 5-датчик крутящего момента; 6-осевой импульс; 7- импульс крутящего момента; 8- отраженный осевой импульс; 9-отраженный импульс крутящего момента

Таким образом, установлено, что при прохождении продольного ударного импульса через естественно закрученный стержень возникает импульсный крутящий момент, который по амплитуде и мощности может значительно превосходить момент, создаваемый в современных буровых машин вращательно-ударного действия.

Список литературы

1. Рындин В. П. Ударные импульсы в естественно закрученных стержнях. // Современные тенденции и инновации в науке и производстве.: Материалы III международной научно-практической конференции. Филиал КузГТУ в г. Междуреченске 2-5 апреля 2014. Междуреченск, 2014. – С. 82-84.