

ствующих при этом усилий дает ценную информацию о процессе разрушения породы во время ударного бурения. Это может быть использовано для автоматизации процесса бурения. Штанга в таком случае представляет собой измерительный стержень, который позволяет определить многие тонкости процесса разрушения породы под лезвием коронки. Было разработано устройство для селекции прямого и отраженного импульсов,

пульсов, а также функциональные блоки, которые обеспечивали обработку сигнала, пропорционального относительной деформации штанги, согласно формуле (2).

В измерительных устройствах перед рабочими тензодатчиками на некотором расстоянии устанавливаются специальные датчики, обеспечивающие подготовку процесса измерения. Ударный импульс проходит по штанге со скоростью около

5100 м/с. Размещением датчиков в различных сечениях штанги, смещенных по ее длине, регулируется время срабатывания ключевых устройств, то есть штанга используется в качестве линии задержки.

В КузГТУ изготовлено несколько модификаций аналоговых приборов и устройств на базе микро-ЭВМ для измерения энергетических параметров бурильных машин.

УДК 622.233.05

В.П. Рындин

ОТРАЖЕННЫЕ ИМПУЛЬСЫ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНОМ БУРЕНИИ

При разрушении породы во время бурения ударный импульс сжатия частично перемещается в породу, разрушая ее, а частично отражается в обратном направлении (к бурильной машине), оказывая силовое воздействие на элементы ударного механизма. Это вызвано различиями в акустических свойствах породы и материала штанги. Полная передача энергии может быть достигнута при механическом импедансе внедрения лезвия коронки равном акустическому сопротивлению штанги:

$$\frac{P_B}{v} = \rho \cdot c \cdot F,$$

где P_B / v - механический импеданс внедрения лезвия коронки; P_B - мгновенное значение действующей силы на лезвии коронки; v - скорость перемещения точки приложения силы; ρ - плотность материала штанги; c - скорость перемещения ударного импульса в штанге; F - площадь сечения штанги.

Механический импеданс на пути внедрения лезвия меняется от нуля до бесконечности, а жесткость штанги - величина постоянная, поэтому указанное равенство соблюдается только в одной точке. Следствием этого является неизбежное возникновение отраженного ударного импульса сжатия или растяже-

ния, который по штанге возвращается к бурильной головке, вызывая дополнительные нагрузки на ее корпусе.

Особенно велики импульсы сжатия, разрушающие опорные подшипники, через которые на штангу передаются осевые усилия.

Исследования нагрузок, возникающих в штанге при вращательно-ударном бурении, показали, что осевые нагрузки имеют динамический характер и представляют собой затухающие колебания с частотой около 800 Гц. Амплитуда усилий колеблется в пределах 24 – 43 кН, в зависимости прочности бурильной породы. Большие нагрузки могут быть и в перфораторах при бурении крепких пород.

Исследования, проведенные автором, показали, что импульсные усилия, действующие на корпус механизма вращателя бурильной головки, за счет от-

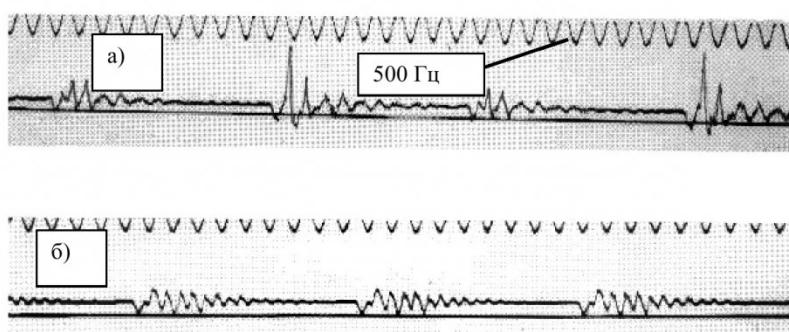
раженных ударных волн достигают величины 100 кН.

Частота таких импульсных нагрузок определяется временем пробега ударной волны двойной длины штанги.

Были попытки уменьшить действия осевых нагрузок постановкой между хвостовиком и корпусом машины пакета дисковых пружин. На практике эти пружины часто ломались в процессе эксплуатации машины.

Наиболее приемлемым решением было размещение гидравлической подушки вместо дисковых пружин. Она обеспечивала эффективное гашение амплитуды отраженных волн, проходящих в корпус машины. Однако такое решение осложняет эксплуатацию бурильной машины, так как требует специальной гидравлической системы для подпитки.

Конструкция фильтра должна обеспечивать постоян-



Оscиллограммы усилий на упорном стакане бурильной головки:
а) без фильтра; б) с фильтром

ство точки соударения бойка с хвостовиком. Для этого величина осадки фильтра под действием усилия подачи не должна превышать 1 мм.

Нами разработана простая конструкция фильтра отраженных ударных волн, основанного на отражении ударных волн на границе двух сред, имеющих различную акустическую жесткость. Он состоит из цилиндрической втулки определенной длины, находящейся на пути отраженных ударных волн, изготовленной из эластомера, заключенного в замкнутый объем. Эластичный элемент сжат усилием подачи. Отраженный от забоя импульс проходит через фильтр в корпус машины с уменьшенной амплитудой.

Подбор материалов и эксперименты показали, что наиболее подходящим материалом для этой цели является обыкновенная резина, работающая на сжатие в замкнутом объеме.

Иногда конструкцию амортизатора с резиной, работающей на объемное сжатие, приводят как пример неправильного конструкторского решения, т.к. резина, лишенная возможности раздаваться в стороны, является практически совершенно жесткой. Однако исследования, проведенные нами, показали, что акустическое сопротивление объемно сжатой резины значительно меньше, чем у стали, а высокий коэффициент объемной упругости обеспечивает компактность фильтра и позволяет сохранить постоянство точки соударения бойка с хвостовиком при усилии подачи порядка 20 кН.

Давление в резине фильтра составляло около 20 МПа, что значительно превышало допустимое предельное напряжение в резине при свободном ее состоянии – 1,1 МПа.

□ Автор статей:

Рындин
Владимир Прокопьевич
- канд.техн.наук, доц. каф. стационарных и транспортных машин

Скорость звука в свободной резине находится в пределах 40 – 50 м/с, а в объемно сжатой резине, как показали эксперименты, она зависит от давления и составляет величину порядка 1500 м/с при давлении 15 МПа. При объемном сжатии плотность резины меняется незначительно и ее можно принимать равной 1100 кг/м³. Тогда амплитуда волн, прошедшей через границу сталь – резина, составит, примерно, десятую часть от падающей.

Фильтр такой конструкции представляет для ударной волны своего рода ловушку, в которой она, многократно отражаясь, проходит то в хвостовик, то в корпус машины, накладываясь на первоначально прошедший импульс. Поэтому амплитуда, прошедшей через фильтр волны, будет больше.

Расчет фильтра аналитическим методом осложняется многократными отражениями волн. Поэтому применялся численный метод расчета фильтра на ПК по методу кусочных волн на специальной модели, затем проводились эксперименты на физических моделях ударных систем и серийных вращательно-ударных машинах с использованием тензометрических измерений.

Расчеты и эксперименты показали, что для реальной конструкции фильтра при длине эластичного элемента 10 – 100 мм и давлении в резине 15 МПа амплитуда прошедшей волны уменьшалась в 2,2 - 4,5 раза. Длина эластичной втулки в серийной машине - 40 мм, площадь сечения – 7 см².

Оевые усилия измерялись тензодатчиками, наклеенными на упорном стакане вращательно-ударной бурильной головки. В ходе эксперимента сравнивались амплитуды нагрузок на

стакане при бурении с фильтром и в случае замены эластичного элемента стальной втулкой того же размера.

Как видно из осцилограмм, амплитуда проходящих импульсов уменьшалась примерно в три раза.

Для проверки воздействия на резину динамических нагрузок, действующих продолжительное время, бурение велось затупленными коронками. Продолжительность отдельных циклов составляла 2-3 часа непрерывной работы машины, чтобы искусственно создать тяжелые динамические и температурные условия для фильтра.

Тепловое равновесие наступало через 15-20 мин от начала цикла. При разборке машины хвостовик был обычно нагрет сильнее втулки и резинового элемента. Температура хвостовика составляла 70-80, а резины - 45-50 °С. Нагрев передней крышки в месте расположения фильтра не превышал 45-50 °С. Таким образом, температура передней части головки определялась, в основном, нагревом хвостовика от ударов и трения его по металлическим деталям.

Разборка узла и осмотр деталей показали, что эластичность резины сохранилась, форма и размеры ее не изменились. Наблюдалась лишь небольшая утечка резины в зазоры между сопрягаемыми поверхностями втулок, что можно легко устранить установкой дополнительных колец из материала более твердого, чем резина.

Кроме описанных выше испытаний фильтр успешно применялся в опытной партии бурильных машин с гидравлическими ударниками, которые прошли испытания на шахтах и рудниках.