

Предложен экспериментальный способ решения этих задач в реальных условиях потребителя с использованием специального фильтровального экспресс-стенда. Изготовлен экспериментальный образец такого экспресс-стенда.

Список литературы

1. Кузьминский В.П., Кухарь В.Ю., Кудрявцев Д.В. Разработка и совершенствование автоматизированных фильтров технической воды для условий отечественных горно-металлургических предприятий // Матер. Междунар. конференции "Форум гірників-2006". – Д., НГУ, 2006.
2. Кузьминский В.П., Кухарь В.Ю. Разработка и внедрение фильтров технической воды с ручным управлением для горно-металлургических предприятий // Матер. Междунар. конференции "Форум гірників-2008". – Д., НГУ, 2008.
3. Кухарь В.Ю., Кузьминский В.П., Кудрявцев Д.В. Проблемы фильтрации технической воды на отечественных предприятиях и пути их решения // Энергосбережение. – 2008. – № 2. – С. 7-11.

4. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. – М.: Недра, 1981. – 269 с.
5. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. – М.: Недра, 1986. – 233 с.
6. Мочалин Е.В., Петренко А.В., Кривошея П.Н. Моделирование режима обратной промывки самоочищающегося фильтра // Вестник НТУ «ХПИ». – 2001. – Вып. 129. – С. 161-168.
7. Павлихин Г.П., Рынсков Ю.О. Механические свойства фильтроэлементов при гидравлическом ударе на входе в фильтр // Изв. вузов. Машиностроение. – 1991. – Вып. № 4-6. – С. 7-11.
8. Пупков В.С. Гидроимпульсная интенсификация противоточной регенерации сетчатых фильтров: Дис. ... канд. техн. наук. – Донбасский гос. техн. ун-т., Алчевск, 2005. – 137 с.
9. Пупков В.С. Современное состояние и направления развития фильтров с противоточной регенерацией // Сб. научн. тр. Донбасского гос. техн. ун-та. – 2008. – Вып. 27. – С. 37-44.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 19.10.09

УДК 624.24

А.С. Громадский, А.А. Хруцкий, Ю.И. Чумак

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПО ЦИЛИНДРИЧЕСКОМУ СТЕРЖНЮ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СВОБОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Запропоновано гіпотезу про проходження хвилі деформації по циліндричному стрижню з урахуванням впливу вільної поверхні, яку підтверджено проведенням аналітичним дослідженням з використанням методів математичного моделювання.

Предложена гипотеза о прохождении волны деформации по цилиндрическому стержню с учетом влияния свободной поверхности, подтвержденная проведенным аналитическим исследованием с использованием методов математического моделирования.

A hypothesis is offered about wave of deformation passing through a cylindrical bar taking into account influence of free-form which is confirmed the conducted analytical research with the use of methods of mathematical modelling.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. С развитием буровой техники для проходки скважин породоразрушающий инструмент также не остался в стороне. Корпус современного бурового инструмента представляет собой объект довольно сложной конфигурации. И если раньше буровые коронки для бурения скважин имели практически цельный корпус, то сейчас в корпусах коронок выполняются продувочные каналы для очистки скважины, а на рабочей поверхности коронки возможны различные проточки. Все эти конструктивные элементы оказывают непосредственное влияние на передачу ударного импульса от поршня ударной машины породе, ослабляя этот импульс.

Анализ исследований и публикаций. Авторы, занимавшиеся вопросами формирования и распростране-

ния ударных волн Александров Е.В., Алимов О.Д., Дворников Л.Т., Иванова К.И., Саимон Р., Соколинский В.Б., Шапошников И.Д. и др., основное внимание уделяли форме ударного импульса и взаимодействию соударяемых тел. Однако вопросы прохождения волны деформации и влияния на этот процесс формы тела в настоящее время недостаточно изучены. Это является следствием того, что природа ударных явлений чрезвычайно сложна как в период их формирования, так и распространения и интерференции, когда отраженные волны, распространяясь по телу, интерферируют одна с другой, проходя «одна сквозь другую». Причем, на ударную нагрузку материалы реагируют иначе, чем для статической нагрузки. Такие свойства, как скорость распространения волн или плотность материала, не имеющие существенного

значения при медленно протекающих процессах, становятся весьма важными при ударе. Различное поведение материалов является следствием проявления его динамических свойств инерции и упругости.

Возможность проследить изменение напряжений, деформаций, скоростей и смещений, происходящих в твердом теле, по которому проходит волна, с помощью средств механических измерений, высокоскоростной фотографии и электрических методов весьма ограничена и сложна из-за быстрого изменения напряжений во времени, малости смещений и высокой скорости волнового фронта. При этом статический подход к решению задач на ударные нагрузки часто приводит к совершенно неверным результатам.

Рассматривая модели прохождения волн деформации в материале, предложенные выше названными исследователями (рис. 1), следует отметить, что эти модели не учитывают влияние свободной поверхности на формирование и прохождение волны деформации.



Рис. 1. Существующее представление о прохождении ударных волн в теле

Постановка задачи. Нами предложена гипотеза о формировании и прохождении волн деформации по цилиндрическому стержню с учетом влияния свободных поверхностей.

В качестве примера рассмотрим цилиндрический стержень. Предположим, что атомы в кристаллической решетке материала соединены упругими связями (рис. 2, а).

Пусть к одному из торцов стержня приложен ударный импульс. Причем нагрузка равномерно распределена по его торцу. Атомы в кристаллической решетке материала получают равномерное нагружение и деформацию, причем напряжение по свободной поверхности распространяется быстрее, чем в центральной области стержня за счет того, что атомы в этой области меньше зажаты (рис. 2, б).

Через некоторое время в движение приходят все атомы по сечению, и волна деформации перемещается вдоль оси стержня. То есть имеет место некоторая инертность атомов, увеличивающаяся от периферии к оси.

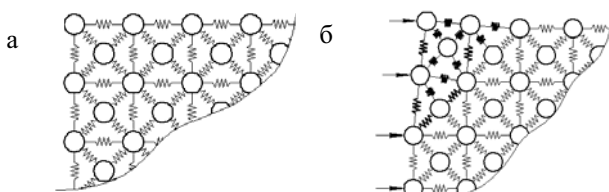


Рис. 2. Представление о кристаллической решетке материала: а – структура кристаллической решетки; б – деформация при ударном нагружении

Фронт волны представляет собой две конических поверхности, повернутые вершинами друг к другу. В центре их пересечения находится ядро деформации. На рис. 3 представлена форма гипотетической волны напряжения в стержне. Причем $L = D \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

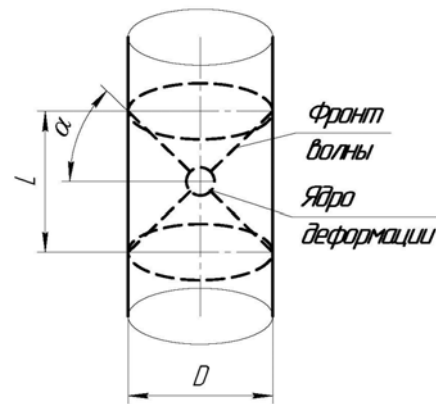


Рис. 3. Форма гипотетической волны напряжения в стержне

По достижении противоположного конца стержня волна отражается от его торца и начинает движение в обратную сторону. При этом возможно наложение волн друг на друга и их взаимное ослабление или усиление.

Методика исследований. Проверить экспериментально данную гипотезу, как говорилось выше, затруднительно. Поэтому на начальном этапе для подтверждения и дополнения основных положений выдвинутой гипотезы, а также получения априорной информации для проведения экспериментальных исследований были проведены аналитические исследования с использованием математического моделирования.

Математическое моделирование прохождения ударной волны по цилиндрическому стержню выполнялось с использованием пакета COSMOSWorks.

Исследовался сплошной цилиндрический стержень диаметром 100 мм, длиной 200 мм, из стали плотностью 7900 кг/м^3 , при этом масса стержня составила 12,4 кг. Граничные условия следующие: предударная скорость 10 м/с. На стержне были установлены две группы виртуальных датчиков – по оси стержня и на поверхности.

Стержень при решении задачи разбивался сеткой. Величина ячеек сетки выбиралась таким образом, чтобы получить наибольшую точность решения, не увеличивая при этом время решения и затрачиваемые ресурсы. Адекватность принятых сеток и соответственно точности решения оценивалась с помощью правила Рунге. Выбранный уровень точности сеток всех схем согласно правилу Рунге достаточен. Доверительный интервал 95%.

Результаты исследований. Средняя вычисленная скорость прохождения ударной волны составила 6030 м/с. Это соответствует скорости перемещения продольных волн в стали 5100-6200 м/с [1].

Підтверджено припущення про те, що в початковий момент часу напруження і деформація розповсюджується від периферії до центру стержня.

Підтверджена гіпотеза про форму хвилі напруження в стержні (рис. 4).

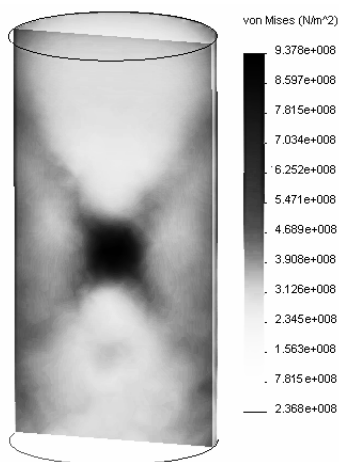


Рис. 4. Результат моделювання проходження хвилі деформації по циліндричному стержню

Як видно з рис. 4, після удару в матеріалі стержня утворюється биконічний фронт хвилі деформації. В центрі перетинання хвиль утворюється ядро деформації, напруження в якому в 1,6-7 раз вище, ніж напруження на краю хвилі на поверхні стержня.

Крім того, встановлено, що з часом спостерігається зниження напруження на поверхні стержня і його зростання в ядрі деформації (рис. 5). Тобто відбувається своєрідна концентрація енергії удару в ядрі деформації, що в деяких випадках призводить до перевищення межі міцності матеріалу стержня.

Цей висновок має суттєве значення для правильного вибору матеріалу бурової коронки або оптимізації її розмірів і форми і може бути використаний для розробки методики розрахунку і проектування високопрочного і надійного бурового інструменту.

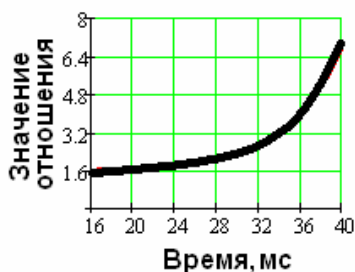


Рис. 5. Відношення напруження в ядрі деформації до напруження на поверхні стержня в залежності від часу.

Слід зауважити, що після удару спостерігається деякий зростання напружень на величину порядку 10-

25% як в ядрі деформації, так і на поверхні стержня, а потім, з часом, відбувається згасання напруження (рис. 6).

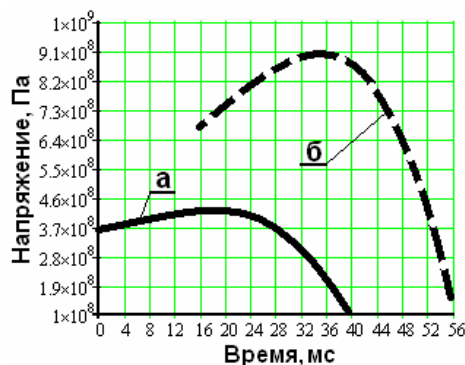


Рис. 6. Напруження в матеріалі стержня по часу: а – напруження на поверхні стержня; б – напруження в ядрі деформації

Важко зауважити, що ядро деформації не досягає протилежного кінця стержня, згасаючи на відстані 0,2-0,4 діаметра стержня, оскільки гасить відбитими від торця хвилями, що є неприпустимим (рис. 7, а). Були спробовані спроби знизити втрати енергії ядра деформації за рахунок зміни форми стержня (рис. 7, б). В цьому випадку, зменшив вплив відбитих хвиль, вдалося знизити втрати енергії в ядрі деформації в 1,5-2 рази.

Визначено кут нахилу фронту хвилі для заданих умов, який становить $\alpha = 55^\circ$ (див. рис. 3).

Встановлено лінійну залежність напруження на поверхні стержня і в ядрі деформації від величини передударної швидкості.

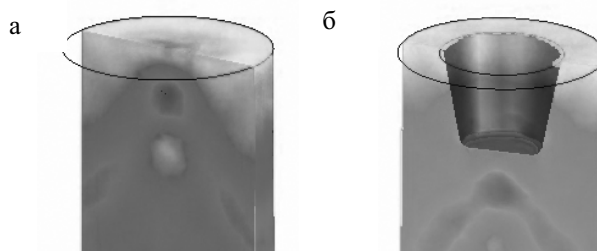


Рис. 7. Згасання ядра деформації: а – для плоского торця стержня; б – для торця з виємкою

Оскільки явище хвилі деформації обумовлено еластичними властивостями матеріалу, то нами було проведено дослідження впливу модуля Юнга, коефіцієнта Пуассона і межі міцності на проходження хвилі деформації. Встановлено лінійну залежність між модулем Юнга і напруженням на поверхні стержня і в ядрі деформації.

Встановлено параболічну залежність коефіцієнта Пуассона і напруження на поверхні стержня і в ядрі деформації.

Межа міцності не має суттєвого впливу на величину напруження ударної хвилі.

Выводы и задачи дальнейших исследований и разработок. Предложенная гипотеза о прохождении волны деформации по цилиндрическому стержню с учетом влияния свободной поверхности на основании проведенного аналитического исследования с использованием методов математического моделирования в целом подтверждена. Однако следует отметить, что в результате выполненных исследований выдвинутая нами гипотеза не полностью объясняет все процессы, протекающие в материале стержня, и нуждается в дальнейшей доработке. Поэтому в дальнейшем планируется как развитие гипотезы, так и экспериментальное и практическое под-

тверждение полученных результатов, а также приложение выдвинутой гипотезы к анализу влияния конструкции корпуса коронки на прохождение ударной волны.

Список литературы

1. Александров Е.В., Соколинский В.Б. Прикладная теория и расчеты ударных систем. – М.: Наука, 1969. – 201 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 19.10.09

УДК 622.625.28

А.Г. Мона

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТОРМОЗНОГО МОМЕНТА ДИСКОВОГО ТОРМОЗА ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА

Проведено порівняльний аналіз реалізації максимально можливого коефіцієнта зчеплення коліс з рейками при гальмуванні шахтного локомотива дисковим гальмом, що створює постійний та пульсуючий гальмові моменти на осі колісної пари. Показано, що при пульсуючому гальмовому моменті зменшується час гальмування і гальмовий шлях шахтного локомотива.

Проведен сравнительный анализ реализации максимально возможного коэффициента сцепления колес с рельсами при торможении шахтного локомотива дисковым тормозом, создающим постоянный и пульсирующий тормозные моменты на оси колесной пары. Показано, что при пульсирующем тормозном моменте уменьшается время торможения и тормозной путь шахтного локомотива.

The comparative analysis of realization of the greatest possible adhesion coefficient of wheels with rails is held at braking a mine locomotive by the disk brake creating constant and pulsating brake torques on a wheel set axle. It is shown, that at pulsating brake torque the braking time and braking distance of a mine locomotive is moderated.

Повышение производительности шахтного рельсового транспорта возможно лишь при высокой надежности тормозных систем локомотивов. К главным характеристикам, определяющим эффективную работу шахтного локомотива, относятся реализуемые силы тяги и торможения, надежность и энергопотребление.

Исследованию процесса реализации максимально возможной силы сцепления колес локомотива с рельсами уделяется большое внимание. Эта сила зависит как от состояния рельсового пути, так и от условий взаимодействия фрикционной пары колесо-рельс [1]. Основным параметром, характеризующим силу сцепления колес с рельсами, является коэффициент сцепления.

В работе [2] приводится методика выбора постоянного тормозного момента, прикладываемого к оси колесной пары. С целью недопущения срыва сцепления и движения колес юзом для рудничных электровозов рекомендуется реализовывать 80% от максимально возможного тормозного момента.

В работе [3] приводятся примеры полезного приращения вибрации, в основе которых лежат явления, связанные с особенностями колебаний в нелинейных механических системах, излагается общий подход к изучению и использованию вибрации. В частности, уделяется внимание изучению коэффициента трения скольжения при вибрации.

В работах [4, 5] даны рекомендации по аналитическому выбору тормозного момента, прикладываемого к оси колесной пары шахтного локомотива, с целью достижения наиболее эффективного торможения для различных состояний рельсового пути. Предложены конструктивные концептуальные решения по изготовлению дискового тормоза, создающего пульсирующий тормозной момент.

Цель данной работы – путем математического моделирования торможения шахтного локомотива дисковым тормозом, создающим пульсирующий тормозной момент, установить параметры тормозного момента, обеспечивающие высокие тормозные характеристики шахтного локомотива.