

## О ПЕРЕДАЧЕ ЭНЕРГИИ УДАРА ЧЕРЕЗ УДЛИНЕННУЮ ШТАНГУ

А. Г. ЦУКАНОВ

(Представлена кафедрой теоретической механики)

В статье приводятся результаты экспериментального исследования передачи энергии удара через удлиненную штангу. Этот вопрос имеет существенное значение при конструировании машин и инструмента ударного действия, предназначенного для бурения геологоразведочных и буровзрывных скважин; он также важен для экспериментальной проверки теоретических предпосылок, используемых в аналитических исследованиях вопросов энергетики удара.

Потери энергии удара бойка при соударении в системе «ударник — инструмент — материал» отражаются обычно введением соответствующих коэффициентов, а общий коэффициент передачи энергии представляется формулой

$$\eta = \eta_1 \eta_2,$$

где  $\eta_1$  — коэффициент, учитывающий непроизводительные затраты энергии при соударении бойка и буровой штанги;

$\eta_2$  — коэффициент, учитывающий потери энергии при соударении штанги и разрушаемого материала.

При определении коэффициента  $\eta_1$  наиболее часто используется формула, предложенная Б. И. Бокием [1] и Ю. М. Малаховым [2],

$$\eta_1 = (1 + c_1)^2 \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}$$

и формула П. С. Кучерова [3]

$$\eta_1 = 1 - (1 - c_1^2) \frac{m_2}{m_1 + m_2},$$

где  $C_1$  — коэффициент восстановления при ударе;  $m_1, m_2$  — соответственно масса бойка и штанги.

Наши исследования коэффициента  $\eta_1$  изложены в работе [4]. Коэффициент  $\eta_2$  менее изучен, хотя его значение в вопросе передачи энергии удара на разрушаемый объем весьма велико. Он не имеет достаточно четких математических зависимостей, которые бы отражали действительную картину энергетических потерь, имеющих место при ударном контакте лезвия коронки с горной породой. Этот коэффициент синтезирует механические свойства как инструмента, так и обрабатываемого материала или горной породы. Он зависит от геометрии инструмента.

Коэффициент  $\eta_2$  должен отражать скачкообразный характер разрушения горной породы или иную специфику разрушения, характерную, например, мерзлым грунтом или металлу. Для определения коэффициента  $\eta_2$  преимущественно пользуются формулой

$$\eta_2 = 1 - c_2^2,$$

где  $c_2$  — коэффициент восстановления при соударении инструмента и разрушаемого материала.

Существуют другие формулы для указанных коэффициентов, основанные на теоретических предпосылках волновой теории удара [5, 6]. При выводе этих формул используется закон линейного внедрения инструмента в обрабатываемую среду. Однако несоответствие теоретических предпосылок, принимаемых при выводе указанных формул, характерным закономерностям процесса разрушения материалов, особенно горных пород, лишает возможности дать оценку действительным потерям энергии удара.

В данной статье приводятся результаты исследований, в которых делается попытка экспериментальным путем дать количественную оценку той части энергии бойка, которая передается через буровую штангу на упругопластическую среду без учета скачкообразного процесса разрушения материала. Эти условия эксперимента в большей степени соответствуют теоретическим предпосылкам, принятым при выводе формул для коэффициентов передачи энергии.

В основу эксперимента была положена идея тарировочной кривой, отражающей изменение диаметра сферического отпечатка в зависимости от различных значений энергии удара. Источником энергии удара служил маятниковый копер, в ударную часть которого ввинчивалась буровая коронка, снабженная вместо пластинки твердого сплава стальным шариком. Вес маятника-бойка был равен 94,5 н.

Для получения тарировочной кривой на шлифованные образцы из стали 30 наносились ударные сферические отпечатки, соответствующие различным значениям энергии маятника-бойка. После получения тарировочной кривой коронка со сферой навинчивалась на штангу, а маятник ввинчивался точно такой же по геометрии и весу боек, но без сферы на торцевой части. Этой торцевой каленой частью бойка маятник наносил удары по хвостовику штанги.

Комплект штанг состоял из набора круглых стержней, изготовленных из стали 45, диаметром 32 мм, по 5 м каждый. На обоих концах штанги имелась резьба. Торцевые плоскости штанг хорошо обработаны, что крайне необходимо для получения наилучшего ударного контакта.

При проведении эксперимента длина штанги, участвующей в соударении, постепенно наращивалась путем добавления последующих штанг. Они свинчивались посредством муфт, обеспечивая по возможности лучший торцевой контакт при соударении. Общая длина составной штанги достигала 30 м. Штанги располагались горизонтально на гибких проволочных подвесках, при этом конец штанги, снабженный коронкой с шариком, упирался в образец, предназначенный для получения отпечатка. По второму концу штанги наносился удар маятником-бойком. Энергия удара бойка  $A_1$  сохранялась постоянной для данной серии опытов. Например, кривые (а) и (б) на рис. 1 получены при начальной энергии бойка соответственно равной 82,2 дж и 41,1 дж.

Во время удара определенная часть этой энергии передавалась через штангу коронке с шариком, обеспечивая ударный контакт с образцом. На поверхности образца оставался сферический отпечаток, отражающий работу пластической деформации, соответствующей той части энергии маятника-бойка, которая передана посредством штанги. Работа

пластической деформации в данном соударении будет «полезной» работой удара. Для определения численного значения энергии  $A_2$ , соответствующей этой работе, достаточно измерить диаметр полученного отпечатка и воспользоваться тарировочной кривой. Отношение полученного значения энергии  $A_2$  к энергии маятника-бойка перед ударом  $A_1$  определит коэффициент передачи энергии в рассматриваемой системе соударения.

Таким образом, мы получили возможность дать количественную оценку энергии удара, переданной от бойка через штангу на образец. В зависимости от механических и других свойств обрабатываемой или

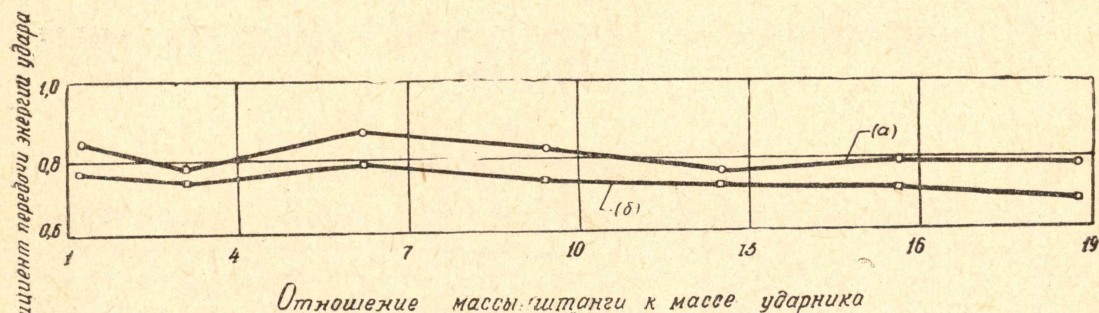


Рис. 1. Экспериментальные значения коэффициента передачи энергии удара. а — кривая, соответствующая энергии удара 82,2 Дж; б — кривая, соответствующая энергии удара 41,1 Дж

разрушаемой среды эта полезная часть энергии перейдет в иные формы энергии, совершая при этом определенное количество работы различной эффективности.

В нашем эксперименте указанная часть полезной энергии бойка представлена в форме работы пластической деформации.

### Выводы

Результаты эксперимента показывают, что коэффициент передачи энергии удара в рассматриваемой системе соударения тел достаточно велик и составляет в среднем 75—80% от начальной энергии бойка. С увеличением длины составной штанги до 30 м коэффициент передачи энергии изменяется незначительно, практически оставаясь постоянным. Эта высокая эффективность передачи энергии может быть достигнута только за счет волновой составляющей энергии удара.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Бокий. Практический курс горного искусства, 1931.
2. Ю. М. Малахов. Горный журнал, № 2, 1934.
3. П. С. Кучеров. Уголь, № 93, 1933.
4. А. Г. Цуканов. О передаче энергии при ударе в бурильных отбойных молотках. Известия вузов, Горный журнал, № 6, 1962.
5. В. М. Мостков. Основы теории пневматического бурения. Углетехиздаг, 1952.
6. Ю. В. Беляев. Об оценке степени использования энергии удара в ударных машинах. Труды ВНИИстройдормаш, выпуск, № 10, 1955.