

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАЗРУШЕНИЯ ГРАНИТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ
УДАРНОЙ СИСТЕМЫ И ГЕОМЕТРИИ
ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

А.В. Шадрина

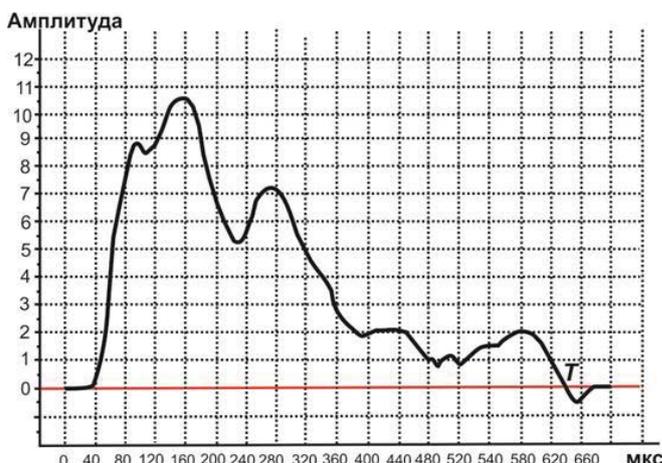
*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, г. Томск, Россия*

Экспериментальная работа, представленная в настоящей статье, является частью научной работы, связанной с исследованиями передачи волн деформаций (или импульсов силы) по бурильной колонне при бурении скважин малого диаметра из подземных горных выработок [5].

Исследуя поведение волн деформаций, образующихся в результате удара бойка ударного механизма по хвостовику бурильной колонны, и распространяющихся к породоразрушающему инструменту (ПРИ), необходимо оценить эффективность их воздействия на разрушаемую горную породу. Кроме того, необходимо было оценить влияние на процесс разрушения геометрии ПРИ.

Подобными исследованиями занимались многие ученые, этому посвящено значительное число опытных работ [1, 2, 3, 6, 7]. Однако результаты экспериментов в данных вопросах приводят к различным выводам относительно влияния таких факторов, как предударная скорость бойка, форма импульса, его длительность.

Ранее на специальном стенде, имитирующем искусственную скважину диаметром 42 мм, с помощью маятникового копра с закрепленными цилиндрическими ударниками разных параметров, обозначенных С1, С2, С3 и С4, были получены импульсы в бурильной колонне (рис. 1). При этом бойки С2 и С3 обладают равной массой и обеспечивают равную энергию при ударе.



Боек С1: Масса, кг – 2,5; Длина, мм – 350; Диаметр, мм – 35
Предударная скорость бойка: 5 м/с
Параметры импульса силы:
 Амплитуда силы $A = 10,6$ т
 Длительность импульса $T = 630$ мкс
 Длительность переднего фронта импульса $t = 120$ мкс

Рис. 1 Пример импульса силы, сформированного цилиндрическим бойком и зафиксированного в начале бурильной колонны

В качестве модельного материала в экспериментах был принят гранит.

ПРИ представлен типовыми буровыми коронками диаметром 43 мм: штыревая, крестовая и долотчатая, имеющие соответственно суммарную длину лезвия: 49, 60, 43 мм (рис. 2).

Параметры ударников				
Обозначение	C1	C2	C3	C4
Длина l_6 , мм	350	450	700	253
Диаметр d_6 , мм	35	45	35	75
Масса m_6 , кг	2,50	5,48	5,48	8,32



а) – штыревая; б) – крестовая; в) – долотчатая

Рис. 2 Параметры бойков и типовые буровые коронки диаметром 43 мм

В ходе эксперимента по разрушению гранита оценивалось влияние формы коронки, предударной скорости бойка, его размеров и массы, а также угла поворота ПРИ после удара на величину объёма разрушенной породы, углубления лунки за удар и удельной энергоёмкости разрушения.

Диапазоны варьирования исследуемых параметров включают:

- ✓ тип ПРИ: А1 – штыревая; А2 – крестовая; А3 – долотчатая коронки;
- ✓ предударная скорость бойка: 5 и 7 м/с;
- ✓ тип бойка (рис. 2): С1, С2, С3, С4;
- ✓ угол поворота бурового инструмента после удара: 20°, 30°, 40°.

Фактически энергия удара изменялась от 31 до 207 Дж.

Были проведены 72 серии стендовых испытаний, в общей сложности 862 удара.

Объем разрушенного гранита определялся как отношение среднего значения веса разрушенной породы за один удар, к ее удельному весу. Энергоемкость рассчитывалась как отношение энергии удара, формируемой бойком, к объему разрушенной за единичный удар горной породы.

Анализ распределения случайных величин показал, что не для всех из них справедлив нормальный закон распределения, в связи с этим данные обрабатывались непараметрическими методами математической статистики с доверительной вероятностью 0,95 (множественный регрессионный анализ с фиктивной переменной, ранговая корреляция Спирмена, по критерию Краскела–Уоллиса).

Полученные значения энергоёмкости разрушения гранита коррелируют с экспериментами других авторов (К.И. Иванова [1], И.В. Куликова [2], М.Р. Мавлютова [3]) и находятся в диапазоне 220–440 Дж/см³.

Полученные зависимости позволяют говорить о том, что в целом сохраняется тенденция уменьшения энергоёмкости разрушения гранита при увеличении энергии единичного удара. Однако можно заметить, что

параметры бойков и формируемые ими импульсы силы вносят в эту закономерность свои коррективы:

– предупредная скорость бойка в рассматриваемом диапазоне изменения (5 и 7 м/с) несущественно влияет на энергоёмкость разрушения;

– опыты с бойками равной массой, но различной длины и диаметра (бойки С2 и С3) дали следующие результаты (рис. 3): с увеличением длины ударника от 450 до 700 мм энергоёмкость разрушения для штыревой коронки снижается на 6–10 %, а для крестовой и долотчатой увеличивается на 9–16 % и до 5 % соответственно.

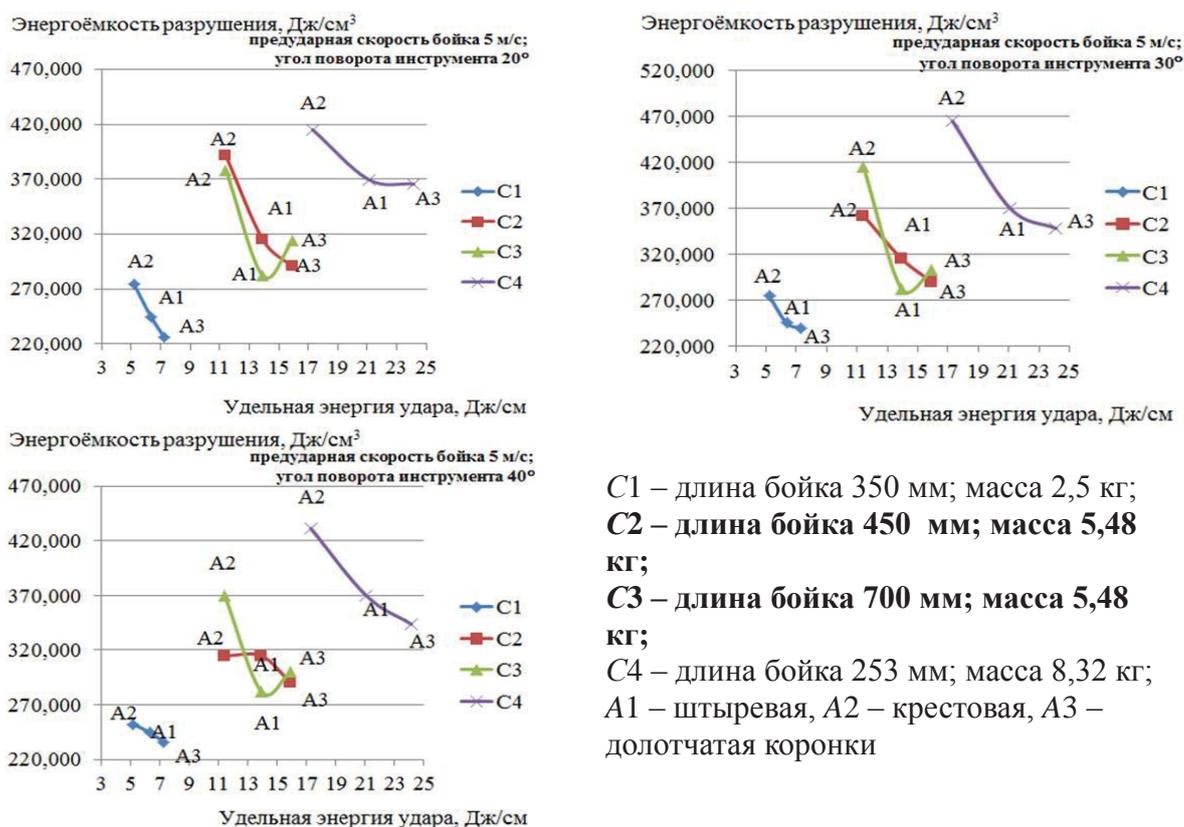


Рис. 3 Зависимости удельной энергоёмкости разрушения горной породы импульсами силы, сформированными различными бойками от удельной энергии удара при предупредной скорости бойка 5 м/с

Для крестовой и долотчатой коронок это можно объяснить влиянием чрезмерной длины бойка, при которых не используется хвостовая часть силового импульса и приводит к повышению доли отражённой энергии;

предударная скорость бойка значительно влияет на объем разрушенной горной породы и углубление скважины за единичный удар (рис. 4);

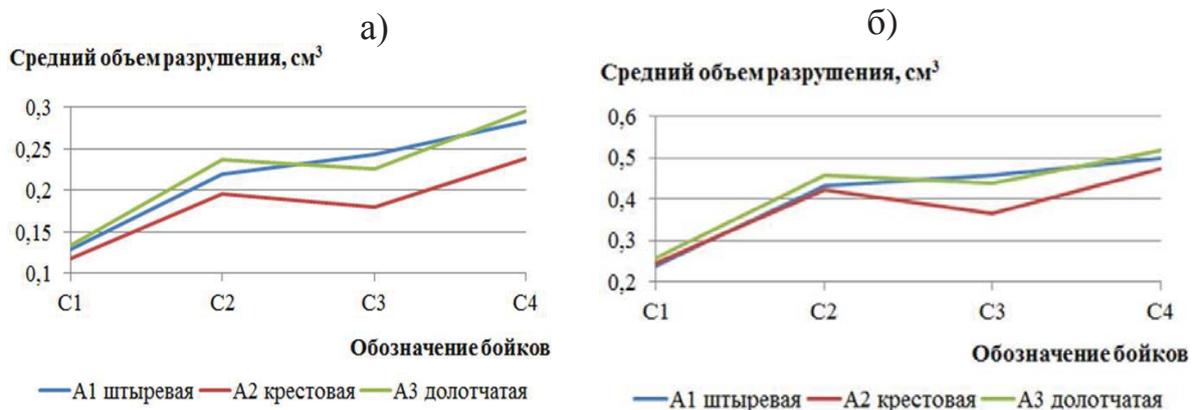


Рис. 4 Графики изменения среднего объёма разрушения за единичный удар для принятых бойков при предударной скорости бойка: а) – 5 м/с; б) – 7 м/с

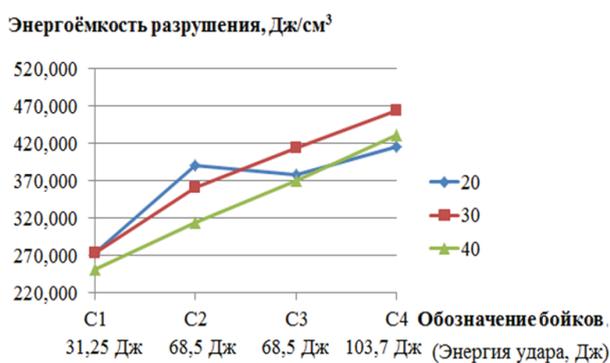


Рис. 5 Зависимости изменения удельной энергоёмкости разрушения гранита различными бойками (С1-С4) при углах поворота ПРИ, равных 20°, 30° и 40°, крестовая коронка

– влияние угла поворота ПРИ между единичными ударами на энергоёмкость разрушения установлено для крестовой и долотчатой коронок. Для крестовой коронки, практически для всех бойков, при угле поворота 40° отмечается наименьшее значение энергоёмкости разрушения (рис. 5). Для

долотчатой коронки при малой энергии удара (31 Дж) рациональным является угол поворота ПРИ в 20°. В целом увеличение энергии удара приводит к увеличению рационального угла поворота ПРИ после удара до 40°. Для штыревой коронки воздействие данного параметра не установлено.

Таким образом, при применении лезвийного ПРИ длину бойка в ударном механизме не следует принимать больше 450 мм. Для штыревой коронки импульс силы, сформированный самым длинным бойком, вызывает большой объём разрушенной горной породы, и, соответственно, меньшую энергоёмкость её разрушения при равной массе бойка. Кроме того, при предударной скорости бойка 7 м/с отмечается переизмельчение бурового шлама, на что неизбежно и бесполезно расходуется энергия ударной системы.

Литература

1. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1987. 272 с.
2. Куликов И.В., Воронов В.Н., Николаев И.И. Пневмоударное бурение разведочных скважин. М.: Недра, 1989. 235 с.
3. Мавлютов М.Р. Разрушение горных пород при бурении скважин. М.: Недра, 1978. 215 с.
4. Шадрина А.В., Кабанова Т.В. Исследование разрушения твердой горной породы энергией удара // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во «Горная книга», 2014. – № 6. – С. 381–385.
5. Шадрина А.В., Саруев Л.А. Исследование возможностей вращательно-ударного способа бурения для разведочных скважин малого диаметра из подземных горных выработок // Известия вузов. Геология и разведка. – М.: РГГРУ, 2012. – № 5. – С. 62–66.
6. Kwang-Yeom Kim, Kwang-Sik Kim, Chang-Yong Kim Assessment of specific energy in rotary percussive drilling on the homogeneous rock mass URL: <http://www.ctta.org/FileUpload/ita/2009/papers/P-06/P-06-20.pdf> (дата обращения: 15.06.2013).
7. Lundberg B., Okrouhlik M.. Efficiency of a percussive rock drilling process with consideration of wave energy radiation into the rock // International Journal of Impact Engineering. 2006. no 32. pp. 1573-1583.