

Литература

1. Кутузов Б.Н. Взрывных работ. – М.: Недра. 1980. – 392 с.
2. Кучерявый Ф.И., Хадоковский Ю.Ф. Влияние естественной нарушенности массива на результаты взрыва- Горный журнал. – 1970. - №9, с. 36-37.
3. Лукьянов В.Г., Громов А.Д., Пинчук Н.П. Технология проведения горно-разведочных выработок: учебник для вузов. 2-е изд. - Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2004. – 468 с.
4. Шустов Н.В. Взрывогидравлический способ разрушения твердых тел. – М.: Недра 1968. – 48 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ  
СИЛОВОГО ИМПУЛЬСА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ**

**М.В. Новосельцева**

Научные руководители профессор Саруев Л.А.,  
доцент Пашков Е.Н.

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

В настоящее время в нашей стране активно идет разведка полезных ископаемых. Вопросом эффективного процесса добычи занимались всегда и в наши дни есть еще вопросы не изученные в полном объеме.

Для разрушения горной породы происходит ее взаимодействие с инструментом. Протекают процессы при разрушении: механические, теплофизические, физико-химические и др.

**Виды разрушения.**

При работе инструмента происходит его вдавливание в породу возникает контактное давление  $p_k$ , определяемое отношением осевой нагрузки  $G_o$  к площади опорной или контактной поверхности  $S_k$  инструмента, соприкасающихся с породой на забое в данный момент времени,  $p_k = G_o / S_k$ .

Под действием контактного давления в породе возникает напряжение, получившее название контактного напряжения. В зависимости от величины контактного давления процесс разрушения

породы может протекать по-разному. Обычно выделяются два основных вида разрушения: **объемное и усталостное**.

**Объемное разрушение** происходит в том случае, когда в породе под действием контактного давления  $p_k$  создаются напряжения, существенно превышающие твердость горной породы на вдавливание  $H_g$ ,  $p_k \gg H_g$  [2,5]. В этом случае процесс разрушения захватывает значительную область породы, в которой образуется лунка той или иной величины. В результате разрушения горной породы происходит внедрение рабочего инструмента на некоторую глубину.

**Усталостное разрушение** пород происходит в том случае, если возникающие под торцом породоразрушающего инструмента контактные напряжения оказываются меньше твердости породы, т.е.  $p_k < H_g$ . Однако после неоднократно повторяющихся воздействий такой нагрузки на один и тот же участок забоя может наступить разрушение породы в некотором объеме. Поэтому такой вид разрушения можно назвать усталостно-объемным. Это объясняется тем, что под действием многократно повторяющейся нагрузки происходят изменения механических свойств, в частности твердости породы [1,2].

При действии нагрузок меньше критических (вызывающих разрушение) в структуре кристаллической решетки возникают изменения, в породе образуются микротрещины, часть из которых после снятия нагрузки остаются открытыми, что приводит к уменьшению твердости породы. При повторных воздействиях нагрузки количество микротрещин увеличивается, и твердость породы снижается настолько, что контактное давление превышает ее значение. В этот момент и происходит объемное разрушение породы, характеризующееся скачком в погружении.

В случае многократно повторяющихся воздействий нагрузки, создающей еще меньшие значения контактного давления, т.е.  $p_k \ll H_v$ , проявляется поверхностное разрушение. В этом случае объемного разрушения породы практически не происходит. Породоразрушающие элементы забойного инструмента не внедряются, а перемещаются по поверхности забоя, истирают породу, интенсивно изнашиваясь. Такой процесс разрушения характеризуется низкой эффективностью и наибольшей энергоемкостью.

**Усталостно-объемное разрушение** твердых горных пород – одна из наиболее характерных форм процесса разрушения при бурении скважин инструментами, работающими в ударном или ударно-вращательном режиме. Основная особенность этого процесса заключается в том, что разрушение происходит при контактных напряжениях, меньших предела прочности породы, поэтому по эффективности и энергоемкости эта форма разрушения уступает объемному разрушению породы.

При прочих равных условиях повышение производительности работ по бурению машиной ударного действия может быть достигнуто не только увеличением ее мощности, но и повышением эффективности передачи энергии в обрабатываемую среду.

Решение этой проблемы до настоящего времени проводилось на основании изучения процесса формирования волн деформаций бойками различной геометрии и поиска конструкций бойков, создающих волны деформации с рациональными параметрами, обеспечивающими разрушение единицы объема материала при минимально возможной энергии, подводимой к инструменту. В этом направлении созданы достаточно много теоретических и экспериментальных трудов. В исследовании процессов формирования волн деформаций в ударных

системах внесли работы таких исследователей как К. И. Иванова и В. Д. Андреева, Е. В. Александрова и В. Б. Соколинского. Также зарубежные исследователи работали над этими вопросами: А. Е. Сирса, Ф. К. Арндта, Г. Фишера, Ч. Ферхарста, П. К. Датта.[1]

Существующие работы выше упомянутых ученых затрагивают процессы формирования волн деформаций цилиндрическими бойками с постоянными по длине поперечными сечениями, бойками ступенчатой конфигурации, коническими и имеющими форму гиперboloида. К настоящему времени несмотря на большой объем проведенных исследований, еще не сложилось единое мнение о рациональных формах бойков ударных механизмов. Также можно отметить что на параметры волн деформаций, формируемых в волноводе, оказывает влияние не только геометрия бойка, но и свойства его материала.

Также одной из важных проблем в силовых импульсных системах является повышение эффективности процесса передачи энергии в обрабатываемую среду. Считается, что для этого необходимо определенное согласование параметров волн деформаций и характеристики сопротивления среды внедрению в нее инструмента и может быть достигнуто выбором рациональной формы бойков ударных механизмов и параметров разрушающего инструмента, взаимодействующего с обрабатываемой средой.

В настоящее время на кафедре теоретической и прикладной механики Национального исследовательского Томского политехнического университета ведутся исследования силовой импульсной машины нового типа - безбойковая гидроимпульсная силовая механизм. [3,4]

Известно, что для более полного использования энергии силового импульса, он должен иметь относительно пологий передний фронт и

резко ниспадающий задний. В этом отношении безбойковый гидроимпульсный механизм формирует импульсы по форме более близкие к идеальным, чем обычные ударные механизмы бурильных машин. Его конструктивные особенности позволяют изменять в ходе работы параметры формирующегося импульса, что позволяет более эффективно бурить породы с переменной твердостью. Данный механизм является новым направлением ударных машин и открывает новые возможности при бурении. [6,7]

Создание и совершенствование машин ударного действия требует решения следующих основных проблем: привод с рациональными параметрами формирующегося импульса; обеспечение наилучшей передачи энергии в волновод; передача волн деформаций по упругим волноводам с наименьшими потерями энергии; предотвращение вредного воздействия на элементы ударного механизма волн деформаций, отраженных от обрабатываемой среды.

#### Литература

1. Ашавский А.М., Вольперт А.Я., Шейнбаум В.С./ Силовые импульсные системы / М.: Машиностроение. 1978. 200с
2. Иванов К.И., Андреев В.Д. Разрушение горных пород ударными импульсами, генерируемыми поршнями различной формы / В сб.: Взрывное дело. М.: Недра, 1966. - с. 244-253.
3. Пашков Е. Н. , Зиякаев Г. Р. , Юровский П. Г. Повышение эффективности бурения шпуров применением безбойковой гидроимпульсной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2013. - Вып. S4 (1). - С. 521-527
4. Pashkov E. N. , Ziyakaev G. R. , Tsygankova M. V. Differential equations of processes for the hydropuls power mechanism of drill machines // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 91-94
5. Суднишников Б.В, Есин Н.Н. / Элементы динамики машин ударного действия./ Новосибирск, СО АН СССР, 1965. 84с
6. Цыганкова М. В. Система формирования силовых импульсов на буровых установках для разрушения пород различной крепости // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2013. - Вып. S4 (1). - С. 497-500 [477405-2014
7. Tsygankova M.V.«Investigation of the Influence of Hydroimpulsive Mechanism Design Parameters on the Formed Impulse» Advanced Materials Research Vol. 1040 (2014) pp 682-685