

*Лихачева Зоя Вячеславовна*

аспирант

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

г. Тула, Тульская область

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ВОДОСТРУЙНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД**

*Аннотация:* как отмечает автор данной статьи, методом исследования является процесс водоструйного разрушения горных пород, основной задачей которого является увеличения количества проходов струи, что имеет большое значение при анализе путей повышения производительности водоструйного бурения.

*Ключевые слова:* порода, водоструйное бурение, разрушающий инструмент, струи, высокое давление, насадка, скорость перемещения, горный массив, глубина щели.

При водоструйном бурении роль породоразрушающего инструмента выполняют струи воды высокого давления, совершающие круговое движение вокруг оси штанги, которая в свою очередь внедряется внутрь разрушаемого массива. Механизм разрушения при этом близок к достаточно глубоко изученному и описанному в литературе процессу струйного разрушения пород, а основными факторами, определяющими эффективность процесса, являются временное сопротивление пород одноосному сжатию  $\sigma_{сж}$ , давление воды  $P_0$ , диаметр струеформирующей насадки  $d_0$  и скорость перемещения струи относительно разрушаемой породы  $V$ . В случае водоструйного бурения последний фактор соответствует линейной скорости движения, вращающейся вместе со штангой струи.

Вопросами разработки и совершенствования технологии разрушения горного массива струями воды занимались многие специалисты. Особенно большую научную и практическую ценность имеют результаты исследований гидромониторных струй, проведенные во ВНИИГидроугле.

В результате исследований разрушений горных пород было установлено, что глубина зарубной щели существенно уменьшается с увеличением скорости перемещения струи вдоль разрушаемого массива и при определенном значении этой скорости процесс щелеобразования может вообще прекратиться. Так, например, при нарезании щели в породе с  $\sigma_{сж} = 108$  МПа струей воды давлением  $P_0 = 60$  МПа со скоростью перемещения  $V_{п} = 0,2$  м/с разрушения не наблюдалось.

Так же было показано, что при гидравлическом разрушении пород средней и выше средней крепости глубина зарубной щели  $h$  за один проход не всегда достаточна и увеличение ее за счет гидравлических параметров нецелесообразно. Прирост глубины щели достигается путем увеличения количества проходов струи. Этот факт имеет большое значение при анализе путей повышения производительности водоструйного бурения, т.к. схема инструмента позволяет путем увеличения количества струй или частоты вращения штанги увеличить число проходов высоконапорных струй по разрушаемому массиву.

Исследования нарезания зарубных щелей в угольном пласте одноструйными и многоструйными погружными резаками позволили определить рациональные значения конструктивных параметров резаков. Так, для эффективного разрушения угля рекомендовано использовать двухструйные резаки с углом между насадками  $15-16^{\circ}$ .

В результате проведенных исследований, в частности, было установлено:

– применение погружных многоструйных насадок требует в 1,8–1,9 раза больших суммарных гидравлических мощностей и расходов воды при одинаковых размерах породных целиков;

– погружная многоструйная насадка, в отличие от одноструйной, дает возможность образования в массиве щелей с шириной, достаточной для ввода в нее механического инструмента с целью последующего скалывания межщелевых целиков;

– применение погружных многоструйных насадок эффективно только при нарезании целиков увеличенных размеров. Кроме того, процесс нарезания щелей

водоструйным инструментом характеризуется значительной удельной энергоемкостью.

С целью оценки эффективности использования высоконапорных водяных струй для образования отверстий в различных материалах фирмой «НИТЕП» были проведены исследования процесса водоструйного бурения отверстий малого диаметра в строительных материалах типа кирпичной кладки. Исследования показали, что водоструйный буровой инструмент весьма эффективно бурит отверстия диаметром 12–20 мм протяженностью более 2 м. При этом бурение осуществлялось инструментом оснащенным одиночными или парными струеформирующими насадками с углом наклона  $30^0$  относительно оси штанги.

В результате исследований, проведенных Университетом шт. Миссури г. Ролла (США), было установлено, что оптимальной с точки зрения обеспечения минимальной энергоемкости процесса бурения является частота вращения буровой штанги в интервале от 240 до 280 мин<sup>-1</sup>.

В результате исследований влияния угла наклона внешней струи и скорости вращения штанги на скорость подачи сверла и диаметр получаемого отверстия Виджеем были сформированы следующие рекомендации:

– оптимальная с точки зрения обеспечения минимальной энергоемкости процесса бурения скорость вращения – 200 мин<sup>-1</sup> (что значительно ниже чем в рекомендациях УМР);

– оптимальный с точки зрения обеспечения максимальной скорости подачи при задаваемом диаметре отверстия угол наклона внешней струи для разных пород различен и находится в интервале от  $23^0$  до  $30^0$ .

Таким образом, проведенные исследования определили эффективность водоструйного бурения и выявили ряд присущих этой технологии достоинств, основное из которых выражается в отсутствии механического взаимодействия буровой штанги с разрушаемым массивом. Это позволяет осуществлять бурение без приложения к инструменту значительных напорных усилий и крутящего момента, что упрощает конструкцию инструмента и позволяет осуществлять бурение тонких отверстий на значительную глубину. Некоторая противоречивость в

численном выражении результатов, полученных различными учеными, на наш взгляд, объясняется различиями в конструкциях использованных буров, что обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований для каждого конкретного варианта технологического инструмента.

В целом анализ литературных источников показал, что технология водоструйного бурения в мире является относительно новой. Опубликованные результаты исследований подтверждают актуальность и перспективность такой техники. Однако целый ряд вопросов технического характера сдерживают её развитие. Это в первую очередь вопросы, связанные с генерацией и подводом воды высокого давления к рабочему инструменту, в нашем случае, к буровой штанге, оптимизацией конструкции инструмента и параметров его работы.

### *Список литературы*

1. Головин К.А. Установление параметров процесса нарезания щелей в горных породах гидроабразивным инструментом: Дис. ... канд. техн. наук. – Тула, 1997. – 186 с.
2. Шавловский С.С. Основы динамики струй при разрушении горного массива. – М.: Наука, 1979. – 166 с.
3. Бреннер В.А. Стендовая база для изучения водоструйных технологий. / В.А. Бреннер, В.В. Антипов, Ю.В. Антипов [и др.] // Технология и механизация горных работ, Юбилейный сборник? посвященный 70 летию В.А. Бреннера. – М., 1998. – С. 25–28.
4. Никонов Г.П. Разрушение горных пород струями воды высокого давления / Г.П. Никонов, И.А. Кузьмич, Ю.А. Гольдин. – М.: Недра, 1986. – С. 143.