Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLI, вып. 1, 1959 г.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ

В. И. Геронтьев

Гидромеханизация горных работ впервые была применена в 30-х годах прошлого столетия при разработке открытыми работами золотоносных россыпей на Урале. Несколько позднее, с 1852 г. гидромеханизация начала применяться в аналогичных условиях в Калифорнии (США), где этот метод получил особенно широкое распространение. Гидромеханизация подземных работ началась значительно позднее. Первая гидрошахта в СССР была построена в 1939 г. в Донецком бассейне. За несколько лет до этого велись экспериментальные работы на угольных шахтах в Кизеловском бассейне на Урале и марганцевых шахтах в Никопольском районе. В настоящее время гидромеханизация находит широкое применение на открытых горных разработках различного назначения и при разработке угольных месторождений подземными работами.

При гидромеханизации горных работ основными являются два процесса: 1) разрушение горной породы и отделение горной массы от массива действием струи воды; в ряде случаев разрушению струей воды предшествует нарушение целостности (рыхление) массива за счет действия ВВ или механического воздействия; 2) гидравлическое транспортирование добытой горной массы, прежде всего, в пределах горного предприятия; в последние годы начинает применяться и транспортирование угля по трубам на дальние расстояния.

Возникновение гидромеханизации и особенно расширение области ее применения вызвали необходимость постановки специальных исследований, обобщения полученных данных и разработки ряда теоретических положений. Такие исследования велись вначале по вопросам, связанным с применением гидромеханизации при открытых горных работах. Специфика этих работ наложила свой отпечаток на содержание и характер исследований. Так, в области разрушения горных пород струей воды раньше были исследованы низконапорные струи при давлении обычно не выше 20 *ати*. В области гидравлического транспортирования исследования коснулись, прежде всего, вопросов транспортирования рыхлых, мелкозернистых материалов пород наносов и т. п. Были установлены основные зависимости, высказан ряд теоретических положений, предложены расчетные формулы, дающие в соответствующих условиях достаточно удовлетворительные результаты. В одних случаях эти фор-

мулы хорошо теоретически обоснованы и увязаны с соответствующими положениями гидравлики, в других — это чисто эмпирические формулы, представляющие более или менее удачную математическую интерпретацию получающихся в результате обработки экспериментальных данных графиков. При этих исследованиях и формулируемых выводах не всегда достаточно обоснованно применяются формулы классической гидравлики. Так, при определении силы удара струи за исходную обычно рекомендуется [1, 2 и др.] брать формулу Бернулли

$$P_0 = 2\gamma F H, \ кг, \qquad (1)$$

где F — площадь поперечного сечения струи при вылете из насадка, $м^2$.
H — напор, под которым струя вылетает из насадка, $мм$ вод. столба;
γ — вес единицы объема воды, $т/м^3$.

Силу удара струи на некотором расстоянии от насадка предлагается определять по формуле

$$P_l = fP_0, \ кг, \qquad (2)$$

где f — коэффициент, учитывающий потери силы удара струи на преодоление сопротивлений воздуха; значение f, зависящего от диаметра выходного отверстия насадка и расстояния преграды от насадка, определяется обычно опытным путем.

По самой структуре формулы видно, что здесь определяется статическое давление струи. И действительно, формула Бернулли (1) дана для случая, когда преграда находится на бесконечно малом расстоянии от насадка. Воздействие струи тогда является статическим. По мере удаления преграды от насадка происходит разгон струи, сила удара возрастает и достигает своего максимума на расстоянии, примерно равном $200\,d_0$ (d_0 — диаметр насадка), хотя в процессе движения, безусловно, происходит и потеря напора, расходуемого на преодоление сопротивлений движению воздуха. Динамический характер воздействия струи на преграду достаточно убедительно доказан специально поставленными опытами. Конечно, вводя эмпирические коэффициенты, можно получить и правильные значения силы удара струи, но этого еще недостаточно для признания рекомендуемой формулы правильной.

Несмотря на это, все же можно считать, что исследования и производственные наблюдения в области применения гидромеханизации на открытых работах дают достаточный для практики материал.

Данные экспериментальных исследований и производственных наблюдений и базирующиеся на них теоретические обобщения в области применения гидромеханизации на открытых горных работах оказались совершенно недостаточными для познания сущности производственных процессов при гидромеханизации подземных работ. Изменились не только общие условия применения гидромеханизации, но, прежде всего, качественно иным оказался производственный объект. Если разрушение мягких и рыхлых горных пород при открытых горных работах происходит в основном за счет размыва, для чего совершенно достаточен напор не свыше 20 *ати*, то для разрушения угля в условиях подземных работ оказалось необходимым силовое воздействие струи. Низконапорные струи недостаточно мощны, необходим был переход к струям более высокого давления. А в связи с этим оказалось необходимым изучить структуру струй высокого давления и факторы, ее определяющие, выявить характер и сущность процесса разрушения и условия наиболее эффективного приложения водяной струи к разрушаемому массиву.

К изучению вопросов гидромеханизации горных пород был привлечен ряд научных организаций.

Вопросами изучения структуры струи и процесса разрушения ею горных пород в основном занимались ВНИИГидроуголь (в лабораторных условиях и на производстве — с натурными струями) и Ленинградский горный институт (в лабораторных условиях со струями малого диаметра). В результате многолетних работ выявлены структура и свойства гидромониторных струй при напоре до 200 *ати,* характер процесса разрушения, условия наиболее эффективного приложения водяной струи к разрушаемому массиву и ряд других параметров, характеризующих работу водяной струи по разрушению угольного массива и основные условия процесса гидромеханизации выемки. В результате этих исследований институтом ВНИИГидроуголь (проведенных под руководством В. С. Мучника, Н. Ф. Цяпко и др.) предложен ряд эмпирических формул для определения необходимого напора при образовании гидромониторной струи, определения производительности гидромонитора в различных производственных условиях, энергоемкости процесса разрушения, дальности эффективного действия струи и т. д. Разработан ряд конструкций гидромониторов, в частности, с дистанционным и программным управлением, ряд конструкций вспомогательного оборудования (сверла, вентиляторы, светильники с гидравлическим приводом, быстроразъемные соединения труб и т. п.).

Исследования и производственные наблюдения позволили разработать основы теории гидромониторных струй и их воздействия на разрушаемый массив (работы А. М. Журавского, А. М. Чапка и др.). Проектными и производственными организациями (в частности ВНИИГидроуголь — Б. А. Теодоровичем) предложен ряд систем разработки для различных условий гидромеханизации выемки. Параметры этих систем разработки хорошо сочетаются с особенностями гидромеханизации выемки, например, с возможностью производить разрушение массива на расстоянии от гидромонитора, соответствующем дальности эффективного действия водяной струи.

Установлено, что применение гидромеханизации выемки без предварительного рыхления массива далеко не всегда рационально. Первоначально предварительное рыхление массива в случае необходимости производилось буровзрывными работами. И в настоящее время такой комбинированный метод выемки не потерял своего значения, но одновременно возникло и новое направление — механогидравлическая выемка, при которой разрушение угля в забое производится выемочными и проходческими машинами, а последующее транспортирование от забоя — гидравлическим способом. Для этого создаются, испытываются, а частично уже применяются механогидравлические выемочные и проходческие машины с высокой эффективностью подвигания забоя и производительности труда.

На шахтах и участках с добычей угля гидравлическим способом преимущественно применяется самотечный гидравлический транспорт угля по подошве пласта или металлическим желобам. В отдельных случаях находит применение и напорный трубопроводный транспорт, для чего созданы специальные самовсасывающие углесосы. Значительно реже для напорного гидротранспорта используются гидроэлеваторы. Транспорт угля по вертикальным и наклонным шахтным стволам на поверхность осуществляется высоконапорными углесосами. На поверхности находит применение напорный гидротранспорт как угля, так и руды, причем в настоящее время дальность транспортирования приближается к 200 *км.*

Первые исследования по напорному гидротранспорту относятся к последним годам прошлого столетия. В настоящее время интерес к этой сложной проблеме особенно возрос. В числе капитальных можно назвать труды А. П. Юфина [3], В. В. Трайниса [4], Г. Н. Роера [5], Р. Дюрана [6, 7], Р. Уорстера и Д. Денни [8], Ф. Фонтейна [9] и др.

Для исследовательских работ в области гидравлического транспортирования создан ряд специальных лабораторий: в Московском инженерно-строительном институте, Институте горного дела АН СССР, Донецком научно-исследовательском угольном институте, Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники, Британской гидромеханической исследовательской ассоциации в Харлоу (Англия), Научно-исследовательском институте в Лимбурге (Дания), Дофинца на предприятиях Нейприк в Гренобле (Франция) и т. д. Исследования этих институтов позволили предложить ряд эмпирических формул и графиков для определения основных параметров гидравлического транспортирования. И все же до сих пор не существует единой общепризнанной теории напорного гидротранспорта и таких расчетных формул, которые были бы пригодны для всех возможных случаев транспортирования.

Прежде всего, полученные экспериментальные формулы и графики, очевидно, пригодны только для тех частных случаев транспортирования, которые полностью соответствуют условиям экспериментирования. Применение их в иных условиях может дать неправильные результаты. Так, опытная в течение трех недель эксплуатация трубопровода, построенного для подачи мелкого угля с обогатительной фабрики в Джорджтауне на электростанцию в Кливленде (США) показала, что в процессе работы происходит закупорка труб из-за попадания в трубопровод случайных крупных кусков угля. Кроме того, насосы одной из перекачных станций оказались недостаточно мощными для подачи пульпы на подъем по склону холма. Между тем строительству трубопровода предшествовали опыты на специальной экспериментальной гидротранспортной установке с трубопроводом длиной 5 *км*. Если первая причина неполадок вызвана случайностью и, быть может, недостаточным вниманием при работе, то вторая — может быть объяснена лишь неправильностью расчета. Возможно, причиной повышенных сопротивлений движению пульпы было повышение ее вязкости при высоком давлении в трубопроводе, тогда как при экспериментах на коротком трубопроводе влияния изменения вязкости пульпы нельзя было установить [10, 11].

Примером недостаточности наших знаний может служить также расхождение в результатах подсчетов, произведенных для одних и тех же условий по разным формулам. Так, расчеты Укргипрошахта для трубопровода Ново-Волынской шахты (Добротворская ГЭС) длиной 61 *км*, выполненные по формулам П. А. Юфина, В. В. Трайниса и Р. Дюрана, дали резко отличные результаты.

Таким образом, дальнейшие исследования в области напорного гидротранспорта являются совершенно неизбежными. Важнейшими задачами в гидромеханизации горных работ являются следующие.

1. Разработка теории разрушения гидромониторными струями горных пород вообще и углей в частности. Создание на основе этой теории новых конструкций гидромониторов и насадков, обеспечивающих большую компактность и увеличение дальности действия водяной струи.

2. Совершенствование технологии гидромеханизации выемки; установление области применения гидромеханизации с разрушением массива струей воды без предварительного рыхления, с предварительным рыхлением буровзрывными работами и на основе применения механогидравлических выемочных и проходческих машин; разработка для различных

горнотехнических условий конструкций механогидравлических горных машин.

3. Совершенствование существующих систем разработки и создание новых более эффективных систем с управлением горным давлением на базе применения более совершенной технологии гидромеханизации выемки.

4. Исследование процессов напорного гидротранспорта в соответствии с задачами транспортирования угля по трубам на дальние расстояния в целях определения основных параметров гидротранспортирования (критической скорости, потерь напора, степени разжижения и др.). Следует обратить особое внимание на выявление следующих факторов: а) свойств пульпы — можно ли рассматривать пульпу как жидкость, подчиняющуюся законам Ньютона или же следующую закону Шведова-Бингама; б) влияния давления на изменение свойств пульпы и, в частности, на величину сопротивлений движению.

5. Исследование условий подачи сыпучих твердых материалов в напорный став трубопровода. Разработка теории питателей, конструирование и испытание новых образцов.

Разрешение некоторых из сформулированных здесь задач и является целью наших дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Н. В. Справочник инженера и техника по открытым горным работам. Углетехиздат, 1956.
2. Фридман Б. Э. Разработка россыпных месторождений гидромеханизацией. Металлургиздат, 1957.
3. Юфин А. П. Напорный гидротранспорт. Госэнергоиздат, 1950.
4. Трайнис В. В. Напорный гидротранспорт угля. Уголь, 1956, № 3.
5. Роер Г. Н. Гидравлические расчеты напорного гидротранспорта угля. Госстройиздат, 1952.
6. Durand R., Condolios E. Congrés du centenaire de la Société de l'industrie minérale, Paris, 1955.
7. Hydraulic transportation of solids. Colliery Engng., 1955, v. XXXII, N 375; 1956, v. XXXIII, N 392; 1957, v. XXXIV, N 395.
8. Worster R. C., Denny D. F. Steam. Engr., 1955, N 284.
9. Fontein F. J. Colliery Guard, 1958, v. 197, N 5089.
10. Pumping coal across country. Rodesian Mining J., 1958, v. 30, N 375.
11. Kohle — Pipeline in den USA fertiggestellt. Brennstoff-Chemie, 1956, N 19120.