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

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПАКТНОСТИ СВОБОДНЫХ НЕЗАТОПЛЕННЫХ СТРУЙ

В. И. Геронтьев, В. Д. Колчанов

При разрушении горных пород струей воды поток за счет потенциальной энергии давления в гидромониторе по выходе из насадка приобретает кинетическую энергию и, свободно взаимодействуя с воздухом, постепенно аэрируется, что и приводит к рассеиванию струи. Так как эффективность процесса разрушения в значительной степени зависит от компактности струи, исследование компактности и факторов, ее определяющих, представляет практический интерес.

Специальные опыты по определению величины рассеивания или потерь расхода, выполненные по методике П. Огуея и М. Мамина [2], показали, что основным (но не единственным) фактором, определяющим величину рассеивания, является расстояние от насадка. Если при расстоянии от насадка, равном 300 d_0 (d_0 — диаметр выходного отверстия насадка), потери расхода еще незначительны и лежат в пределах 3—4%, то на расстояниях, равных примерно 1300 d_0, они достигают уже 50%. Влияние скорости струи, т. е. величины давления в гидромониторе на величину рассеивания, относительно невелико. Повышение давления, по-видимому, с одной стороны, способствует увеличению дальности выброса компактной части струи, а с другой — ведет к увеличению в струе возмущений.

Некоторое представление о характере процесса рассеивания дали и скоростные киносъемки. Как выяснилось, при давлении в гидромониторе 20—30 *ати* уже на расстоянии около 1 *м* от насадка вокруг струи создается облако, имеющее с ядром размытую границу и образующее поток падающих капель. Само ядро струи, насколько позволяет судить киносъемка начального участка струи, как будто также не остается сплошным. Тем не менее существует некоторая центральная более компактная часть струи, которая должна обладать отличными от периферийной ее части динамическими свойствами. Соотношение между более компактной и рассеянной областями у разных струй различно, и оценка качества струй с точки зрения подобной характеристики представляет несомненный практический интерес.

Для опытного изучения вопроса о компактности струи было применено два метода. Первый был условно назван методом отпечатка

струи на экране, второй — методом парциального отбора расхода струи.

Метод отпечатка струи на экране[1] состоит в следующем. Экран (преграда) с навешенным на него четырехслойным ковром, состоящим из проложенного между двумя листами белой бумаги листа копировальной бумаги, прикрытых листом фольги, устанавливается на разных расстояниях от насадка. При ударе струи по фольге на нижнем листе белой бумаги получается пятно (отпечаток), соответствующее по своим размерам сечению струи, вернее сечению более компактной части струи. Так как форма пятна неправильна, полученное изображение осредняется и приводится к правильному кругу. Значения осредненных диаметров таких кругов, полученные в результате экспериментов, приведены в таблице. Анализ этих значений позволяет установить некоторые закономерности.

Влияние успокоителя на качество струи возрастает с увеличением давления, уменьшением диаметра насадка и увеличением расстояния от насадка до экрана. При диаметре насадка 5 *мм* и давлении 10 *ати* струя при применении успокоителя по всей длине более рассеяна, чем без успокоителя. При диаметре 3 *мм* и давлении 10 *ати* струя при применении успокоителя лишь в начале более рассеяна, а затем становится более компактной, чем струя без успокоителя, и окончательно рассеивается на более значительном расстоянии. Такая же картина сохраняется и при более высоких давлениях. Так, при 30 *ати* струя при применении успокоителя на всей своей длине оказывается более компактной, чем без успокоителя. Характерно, что по мере увеличения давления в гидромониторе компактность струи при работе без успокоителя уменьшается, а при применении успокоителя наоборот увеличивается.

Диаметры отпечатков струи на экране

Таблица

Давление, *ати*	Диаметр насадка, *мм*	Диаметр отпечатка при расстоянии от насадка (*м*), *мм*										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
При отсутствии успокоителя												
10	5	11	18	24	—	33	—	49	—	70	Рассеивание	
	3	10	17	22	30	50	Рассеивание					
20	5	13	—	28	—	47	—	70	Рассеивание			
	3	14	19	25	35	60	83	Рассеивание				
30	5	15	—	32	—	47	—	70	—	100	Рассеивание	
	3	20	26	30	50	75	100	130	Рассеивание			
При наличии успокоителя												
10	5	16	—	42	—	61	—	77	—	96	Рассеивание	
	3	18	—	30	—	42	—	60	Рассеивание			
20	5	14	—	30	—	42	—	58	—	70	Рассеивание	
	3	17	—	27	—	38	—	65	Рассеивание			
30	5	12	—	23	—	34	—	47	—	59	Рассеивание	
	3	12	—	17	—	25	Рассеивание					

[1] Этот метод был предложен и опыты проведены Я. Б. Кальницким.

Таким образом, применение успокоителя особенно эффективно при повышении напора, хотя ограниченный объем опытов и малый диапазон в напорах еще не позволяют нам толковать данные этих опытов распространительно. Второй важный для практических целей вывод, который можно сделать из данных таблицы, заключается в том, что при работе как с успокоителем, так и без него дальность полета струи

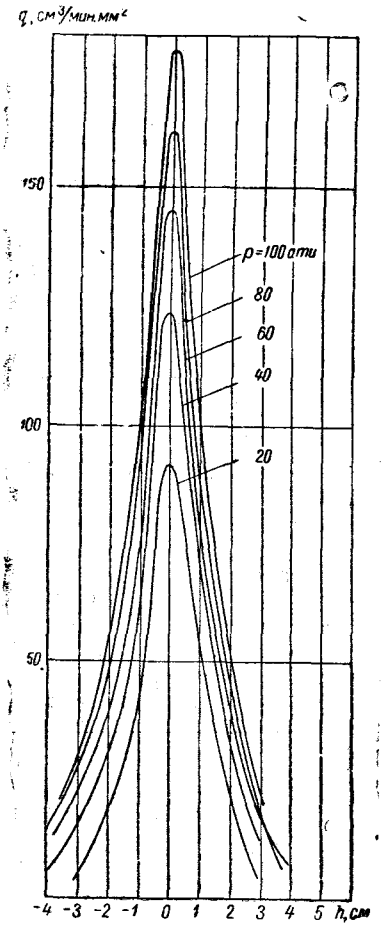


Рис. 1. Зависимость удельного расхода q от координаты h при водных напорах и постоянном расстоянии от насадка

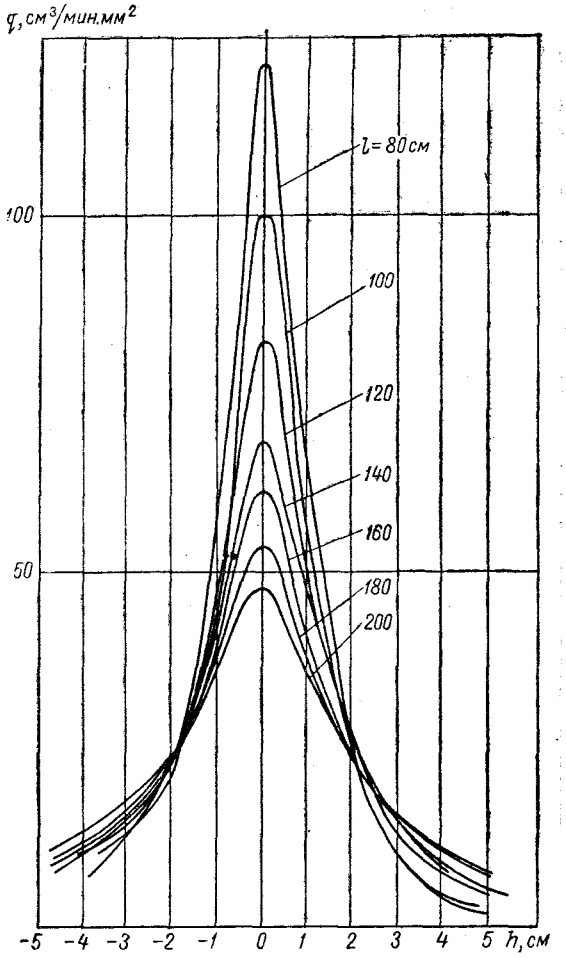


Рис. 2. Зависимость удельного расхода q от координаты h при постоянном напоре и разных расстояниях от насадка

возрастает по мере увеличения диаметра насадка. Можно думать, что соответственно увеличивается и расстояние эффективного действия струи. Этим дополнительно подтверждается правильность того положения, при котором дальность действия струи принимается кратной диаметру насадка гидромонитора. Этим именно частично может быть объяснен тот факт, что при резании горных пород особо тонкими струями сверхвысокого давления необходимо вводить насадок в получающуюся врубовую щель [1].

Метод парциального отбора расхода струи представляет собой развитие метода отпечатка на экране и может быть признан более

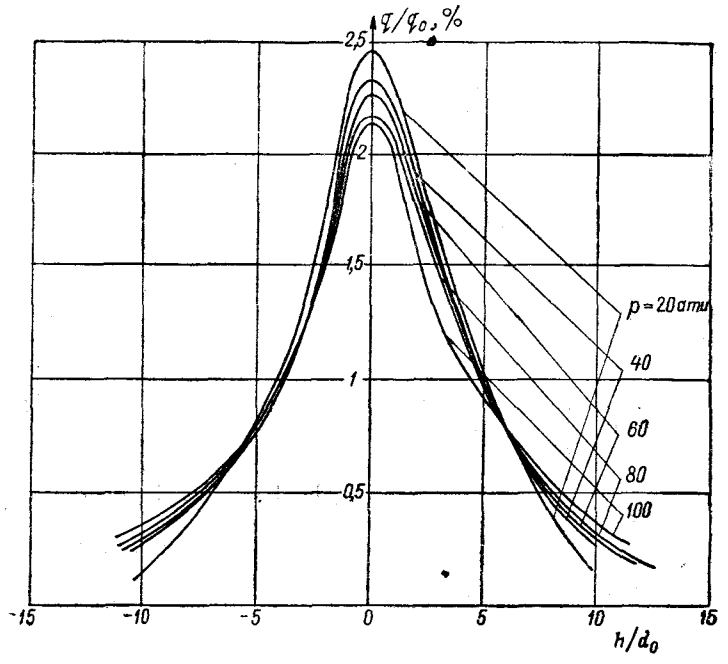


Рис. 3. Зависимость соотношений $\frac{q}{q_0}$ и $\frac{h}{d_0}$ при разных напорах (q_0 — расчетный расход при истечении из насадка; d_0 — диаметр насадка)

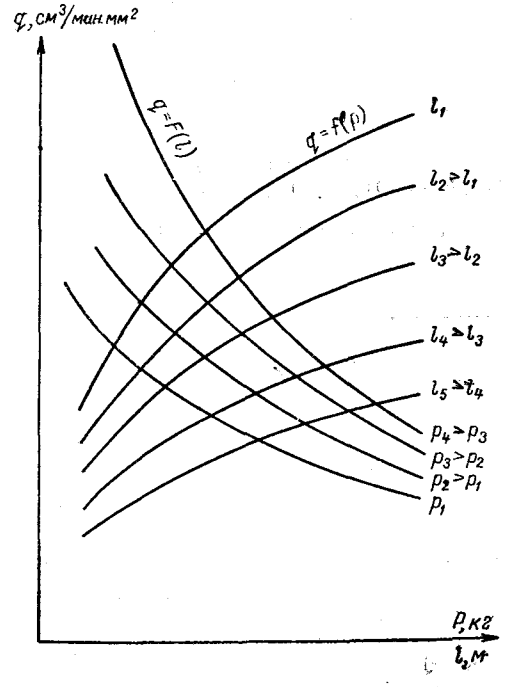


Рис. 4. Общий характер изменения удельного расхода от струи в зависимости от напора и расстояния от насадка

совершенным способом исследования компактности струи. Сущность метода парциального отбора расхода струи состоит в следующем. На пути струи ставится экран из листа железа с отверстием диаметром 2 *мм*. Положение отверстия в плоскости сечения струи строго фиксируется. Вода, проходящая за определенный период времени воздействия струи на экран через отверстие, собирается в мензурку. При этом с достаточно высокой степенью точности устанавливается количество воды, протекающей через отверстие в разных точках сечения струи за единицу времени. Характер распределения расхода по сечению струи при различных положениях отверстия позволяет судить о степени компактности струи и вместе с тем дает некоторое представление о распределении давления струи на экран, так как, очевидно, расход при истечении через отверстие в листе можно считать функцией давления струи на экран.

Опыты велись при несколько пониженном качестве струи вследствие возмущающего действия двух поворотов (на 90° каждый) в трубопроводе перед насадком и невозможностью в данном случае применить успокоитель. Определялся удельный расход струи q, $см^3/мин$ на 1 $мм^2$ сечения отверстия. Как видно из рис. 1 и 2, по оси струи существует значительно более компактная часть, причем плотность струи резко уменьшается по мере удаления от оси. Плотная область в центральной части струи при работе без успокоителя (что имело место в данном случае) с возрастанием давления относительно уменьшается (рис. 3), что совпадает с данными, полученными при исследованиях методом отпечатка струи на экране. Общий характер изменения удельного расхода струи по ее оси показан на рис. 4.

Существенным достоинством метода парциального отбора расхода струи является устойчивость получаемых при опытах результатов.

При существующей высокой технике измерений оба описанных метода могут быть признаны несколько примитивными, но они дают возможность судить о компактности струи и о некоторых факторах, определяющих величину рассеивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов Г. М., Зеленин А. Н., Кокошин Ю. Г., Шарымов В. С. Результаты основной скорости для разрушения горных пород. Горные машины. Сб. № 2, Углетехиздат, 1958.

2. Oguey P., Mamin M., Baatard C. Bull techn. Suisse romande, 1951, № 4, p. 37—47; № 5, p. 53—64.