

УДК 622. 232. 522. 24

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ УДАРА ГИДРОИМПУЛЬСНОЙ СТРУИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЕЕ ЧЕРЕЗ СЛОЙ РАЗРУШЕННОГО УГЛЯ И ПО ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Бойко Н.Г., докт. техн. наук, профессор,  
Геммерлинг О.А., канд. техн. наук  
Донецкий национальный технический университет

*В работе экспериментальным путем определены изменения силы удара гидроимпульсной струи при прохождении ее по воздушному пространству и по пространству, заполненному разрушенным углем*

*The changes in the force of a hidroimpulse jet passing through the air-space and through blasted coal are experimentally defined.*

**Проблема и ее связь с научными или практическими задачами.** Разработка пластов Центрального района Донбасса крутого падения осуществляется этажным способом. Высота этажа при этом составляет до 200м. Для подготовки нового очистного забоя необходимо пробурить скважину на эту длину. Одним из перспективных способов механизации процесса проведения скважин является гидравлический (с помощью гидроимпульсной струи). Для обеспечения высокопроизводительной работы гидроимпульсных установок необходимо обосновать ряд параметров импульсной струи.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью повышения производительности и точности проведения скважин на крутых и крутонаклонных пластах при подготовке нового очистного забоя и повышения безопасности труда в сравнении с существующими установками.

**Анализ исследований и публикаций.** В работе [1] описаны недостатки традиционного механического способа бурения: искривление скважин, уход буровой головки в почву или кровлю пласта, заклинивание буровой головки и невозможность ее извлечения. Было предложено использование гидроимпульсной установки для проведения скважин. Ее использование лишено указанных недостатков. В работе [2] на основании полученного экспериментального материала представлены зависимости для определения потерь энергии струи при проведении скважины, т.к. при проведении скважины снизу вверх имеет место образование слоя угля между установкой и забоем.

В работе [3] описан стенд для проведения исследований процесса взаимодействия гидроимпульсной струи с разрушаемым массивом угля. Был получен угольный образец, сжатый в двух плоскостях, что позволило приблизить его напряженное состояние к реальному состоянию в пласте угля. В работе [4] рассмотрены вопросы по определению потерь давления импульсной струей.

**Постановка задачи.** Данная статья является продолжением указанных работ. Целью данного исследования является получение необходимых данных для уточнения математической модели процесса взаимодействия гидроимпульсной струи с разрушаемым массивом угля при проведении скважин.

**Изложение материала и результаты.** Импульсная струя при движении от насадки гидроимпульсной установки к забою скважины теряет часть своей энергии. При этом возможны два вида характерных сопротивлений, обуславливающих эти потери. К первому виду сопротивления движению струи относится сопротивление, обусловленное прохождением струи через воздушное пространство. В этом случае при взаимодействии струи с воздухом происходит аэрация струи, отделение от нее отдельных капель и брызг и постепенное распадение струи на отдельные частицы. По данным [5] при гидравлическом разрушении горных пород у струи достаточно энергии для разрушения, когда расстояние между насадкой и забоем не превышает  $200d_n$ , где  $d_n$  – диаметр насадки. Применительно к решаемой в работе задаче и применительно к применяемым и исследуемым насадкам эта длина не превышает 3 м.

Ко второму виду сопротивления движению струи относится сопротивление, обусловленное прохождением струи через слой разрушенного угля, находящегося в разрыхленном состоянии. Этот слой неизбежно образуется между насадками генератора и забоем при проведении скважин [1, 2]. Расстояние между насадками и забоем не является постоянным и изменяется от 0 до 1 м [1, 2]. При прохождении импульсной струей через разрушенный уголь энергия удара ее значительно уменьшается [2].

Так как в настоящее время теоретически установить аналитическую зависимость снижения давления струи при прохождении через слой разрушенного угля практически невозможно, то решение поставленной задачи выполнено экспериментально-аналитическим путем. С этой целью проведены специальные тензометрические исследования, в которых фиксировалось давление струи на выходе генера-

тора и сила удара импульса струи о препятствие при прохождении ее через слой разрушенного угля различной толщины от 0 до 0,93м [3]. Полученные таким образом данные обрабатывались методом математической статистики – методом наименьших квадратов – и приведены на рисунке 1. Эксперимент проводился для насадок диаметром 8, 10 и 12 мм, частота следования импульсов изменялась от 1,8 до 5,5Гц. В качестве примера на рисунке 2 приведена осциллограмма силы воздействия импульсной струи на преграду при ее движении через слой разрушенного угля для насадки диаметром 12мм. При проведении экспериментов в угольный бункер засыпался уголь марки К, наиболее характерный для пластов крутого падения Центрального района Донбасса, следующего гранулометрического состава: класс 0-6мм – 56,9 %; 6-13мм – 21,4%; 13-25мм – 15,6%, 25-50мм – 2,7%; 50-100мм – 1,4%; свыше 100мм – 0%. Влажность используемого угля составляла 12-18%.

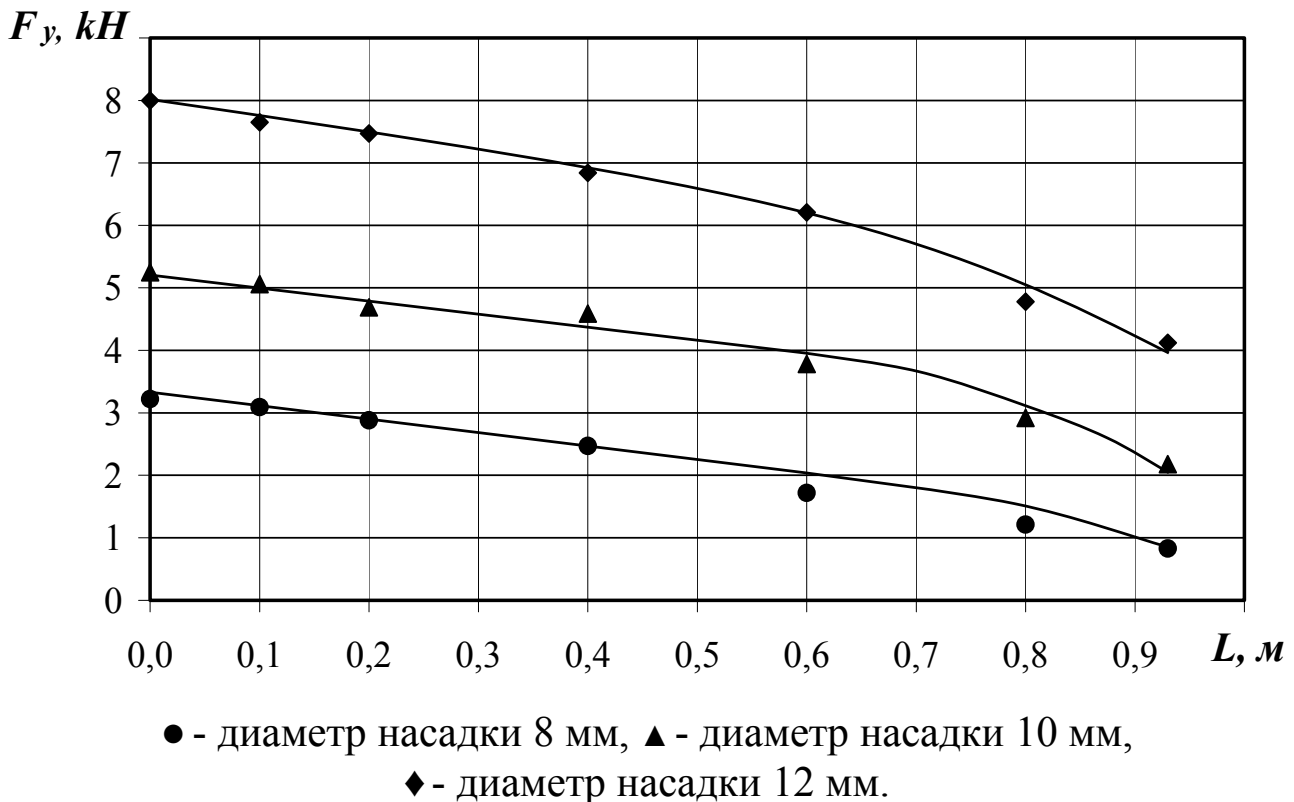


Рисунок 1 – Зависимости силы удара импульсной струи от толщины угольного слоя

На осциллограмме (рис. 2) обозначено:  $P_{нас}$  – давление на входе в генератор импульсов;  $P_u$  – давление на выходе генератора импульсов перед насадкой (давление импульсной струи);  $F$  – сила удара импульсной струи о преграду;  $T_u$  – время цикла.

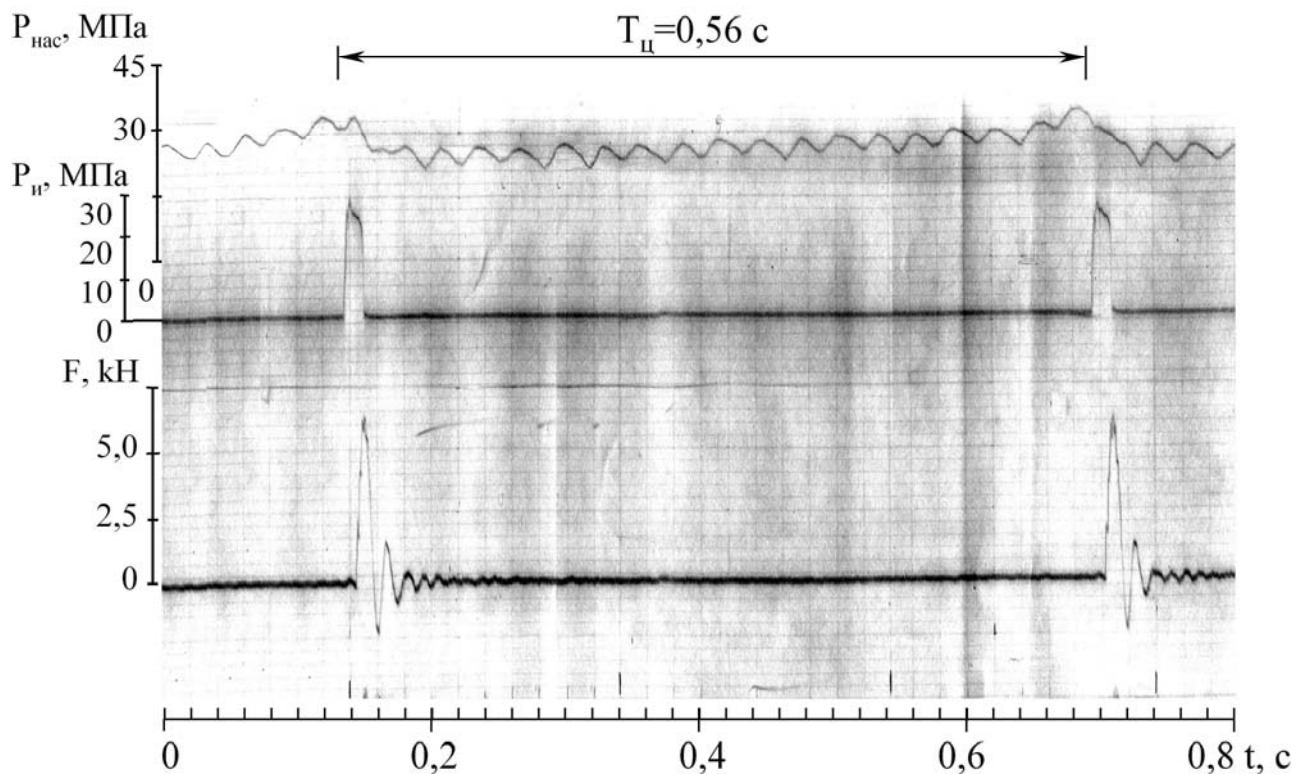


Рисунок 2 – Осциллограмма силы воздействия импульсной струи при ее движении через слой разрушенного угля толщиной 0,6 м.

Из полученных результатов следует:

1. Изменение (уменьшение) силы удара струи является функцией толщины угольного слоя и диаметра насадки:

- с увеличением толщины угольного слоя между насадкой генератора и преградой уменьшение силы удара струи происходит практически по линейному закону при толщине слоя угля от 0 до 0,6 м для всех исследуемых насадок диаметром 8, 10 и 12 мм;

- при толщине слоя угля свыше 0,6 м уменьшение силы удара струи является нелинейной функцией вида

$$F_y = \begin{cases} \Delta F_1 - n L; & 0 < L \leq 0,6 \text{ м}; \\ \Delta F_2 - m L - k L^2; & 0,6 < L \leq 0,93 \text{ м}. \end{cases} \quad (1)$$

где  $\Delta F_1$ ,  $\Delta F_2$ ,  $n$ ,  $m$  и  $k$  – постоянные коэффициенты, которые приведены в таблице 1.

2. С увеличением диаметра насадки интенсивность потерь силы удара струи уменьшается.

Полученное выражение (1) кроме учета изменения силы удара гидроимпульсной струи при прохождении ее через слой разрушенно-

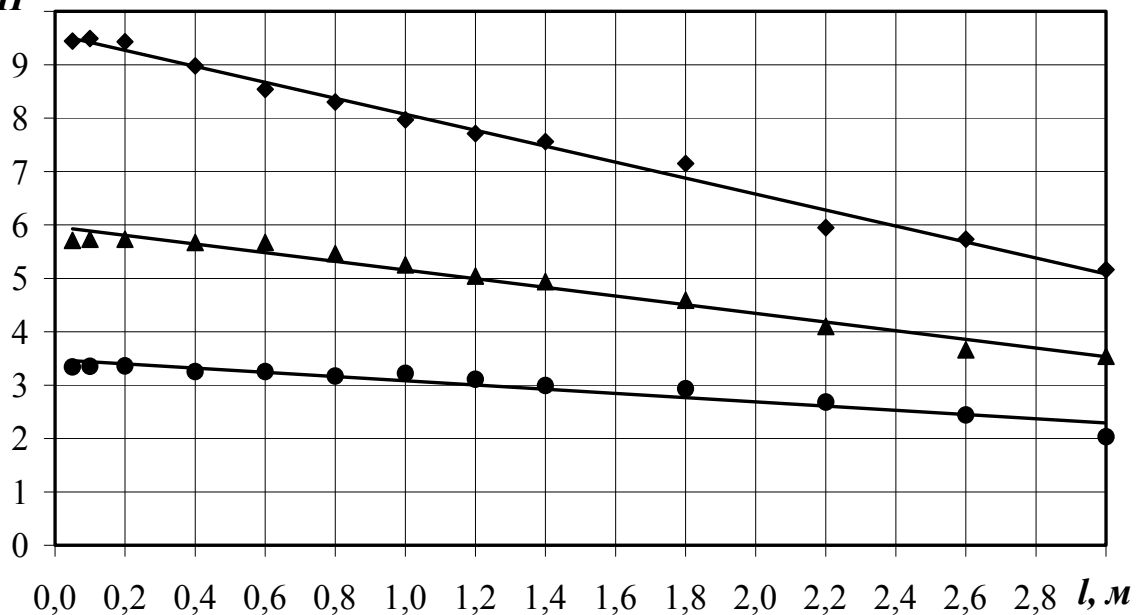
го угля толщиной  $L$ , учитывает также и изменение силы удара струи при прохождении ее через воздушное пространство.

Таблица 1 – Значения коэффициентов, входящих в выражение (1), для определения изменений силы удара импульсной струи при прохождении ее через слой разрушенного угля

Диаметр насадки, $d_n$ , мм	$\Delta F_1$ , кН	$\Delta F_2$ , кН	Значения коэффициентов		
			$n$	$m$	$k$
8	4,31	3,80	0,026	0,019	0,000085
10	5,30	5,64	0,028	0,017	0,000065
12	8,23	7,92	0,038	0,012	0,000330

Для сравнительной оценки были проведены аналогичные экспериментальные исследования по определению силы удара струи при прохождении ее по воздуху. Полученные данные обрабатывались методом наименьших квадратов и приведены на рисунке 3.

$F_v$ , кН



● - диаметр насадки 8 мм, ▲ - диаметр насадки 10 мм,  
◆ - диаметр насадки 12 мм.

Рисунок 3 – Зависимости силы удара импульсной струи от расстояния до насадки

Из полученных результатов следует:

1. Уменьшение силы удара струи происходит практически по линейному закону при расстоянии между насадкой и преградой до 3м для всех исследуемых насадок диаметром 8, 10 и 12мм

$$F_g = F_{ov} - n_g l; \quad (2)$$

где  $F_{об}$ ,  $n_e$  – постоянные коэффициенты, приведены в таблице 2.

2. С увеличением диаметра насадки интенсивность потерь силы удара струи при прохождении по воздушной среде увеличивается.

Таблица 2 – Значения коэффициентов, входящих в выражение (2) для определения изменений силы удара импульсной струи при прохождении ее по воздуху

Диаметр насадки $d_n$ , мм	Значение коэффициента	
	$F_{об}$ , Н	$n_b$
8	3,49	0,41
10	5,96	0,81
12	9,57	1,50

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Полученные результаты используются при усовершенствовании существующих и при проектировании новых гидроимпульсных установок для проведения скважин пластах крутого падения. В дальнейшем планируется уточнение полученной математической модели путем проведения дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Впервые были получены зависимости изменения силы удара импульсной струи при прохождении ее через слой разрушенного угля и по воздушной среде. На основании полученных зависимостей силы удара гидроимпульсной струи установлено, что максимальный слой разрушенного угля перед насадками гидроимпульсной установки для проведения нарезных работ на пластах крутого падения не должен превышать 0,5м.

Список источников:

1. Бойко Н.Г., Геммерлинг О.А. Обоснование параметров гидроимпульсной струи генератора установки для проведения скважин // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 42. Серія: гірничо-електромеханічна.-Донецьк: ДонНТУ, 2002.-С. 54-57.
2. Бойко Н.Г., Геммерлинг О.А. Потери энергии гидроимпульсной струи и ее КПД. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 51. Серія: гірничо-електромеханічна. - Донецьк: ДонНТУ. - 2002. - С. 37-41.
3. Бойко Н.Г., Геммерлинг О.А. Стенд для исследования процесса взаимодействия гидроимпульсной струи с разрушаемым массивом угля. // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. - 2002. - № 3 - С. 70-71.
4. Геммерлинг О.А. Определение потерь давления импульсной струей жидкости при прохождении ее через слой разрушенного угля. // Научные труды международной научно-технической конференции «Горное оборудование - 2005». - Донецк: ДонНТУ. - 2005. - С. 43-45.
5. Исследование процесса гидроотбойки: Отчет о НИР / Донецкий политехн. ин-т; Руководитель Г. М. Тимошенко. Ч. 1 - 4. - Донецк, 1989. - 578 с.