

УДК 622. 232. 72

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОЙ СТРУИ ЖИДКОСТИ С РАЗРУШАЕМЫМ МАССИВОМ УГЛЯ**

Бойко Н. Г., д. т. н., проф., Геммерлинг О. А., аспирант

Донецкий национальный технический университет

*В работе описано исследование процесса взаимодействия гидроимпульсной струи с разрушаемым массивом угля и приведены полученные результаты.*

*In work the exploration of process of interaction of a hydroimpulse jet with a destroyed coal massif is described and the obtained results are adduced.*

Для механизации подготовительных работ по проведению скважин разрабатываются гидроимпульсные установки и для того, чтобы обеспечить их высокопроизводительную работу необходимо обосновать ряд параметров.

В работе [1] описаны недостатки традиционного механического способа бурения. Было предложено использование гидроимпульсной установки для проведения скважин, т. к. ее использование лишено указанных недостатков. Также в работе определена необходимая сила для разрушения пласта. 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 по двум осям, что позволило приблизить его напряженное состояние к реальному состоянию в пласте угля. В работах [4, 5] даны общие закономерности процесса гидроотбойки и результаты экспериментальных исследований процесса разрушения углещементного блока.

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

Для подтверждения разработанной математической модели по исследованию процесса взаимодействия импульсной струи с разрушаемым массивом угля и для уточнения полученных ранее зависимостей, описывающих процесс разрушения угольного массива импульсной струей [4, 5], был разработан и изготовлен специальный угольный блок [3]. Отличительной особенностью данного блока является то, что цельный массив угля марки К (с сопротивляемостью угля резанию 75 кН/м) был сжат вдоль вертикальной и горизонтальной осей. Напряжение сжатия по вертикальной оси составили  $\sigma_{с.ж.в} = 9740$  Па, по горизонтальной –  $\sigma_{с.ж.г} = 8450$  Па. При проведении эксперимента регистрировались напряжения сжатия по вертикальной оси, которые уменьшились в процессе проведения эксперимента на 10 %.

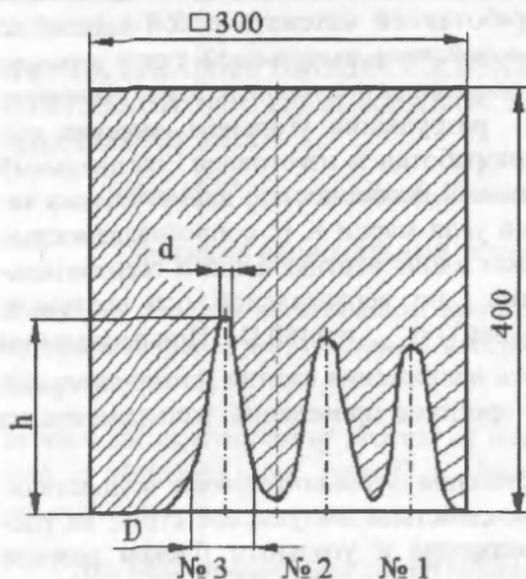
Изучение процесса разрушения угольного блока осуществлялось при перпендикулярном воздействии импульсной струи, на расстоянии между насадком генератора и угольным блоком равным  $l_p = 0,3$  м (в пределах начального участка  $l_p < 100 d_n$ ), на выровненную поверхность угольного блока с размерами 0,3x0,3x0,4 м.

При проведении эксперимента фиксировались параметры образуемых импульсной струей воронок: наружный  $D_e$  и внутренний  $d_n$  диаметры, глубина  $h$ , в зависимости от числа импульсов струи  $N$  при фиксируемых параметрах импульсной струи: давлении на входе  $P_{вх}$  и выходе  $P_u$  генератора импульсов, напряжении сжатия угля в вертикальной плоскости  $\sigma_{с.ж.в}$ , частоты  $\nu$  и длительности импульсов  $\tau_u$ . Полученные воронки при параметрах струи  $P_{вх} = 30$  МПа,  $P_u = 25$  МПа,  $d_n = 10$  мм,  $\tau_u = 14$  мс,  $N = 1$  показаны на рис. 1.

Далее проводились эксперименты для различного числа импульсов по отдельной воронке, при тех же параметрах импульсной струи. Были получены зависимости  $h = f(N)$  и  $D = f(h)$  (рис. 2, 3). Число импульсов изменялось от 1 до 11, частота следования импульсов составила 2,8-3,6 Гц.

На основе анализа кривой  $D = f(h)$  (рис. 3) выделим три стадии образования воронки импульсной струей:

1. Стадия интенсивного роста диаметра воронки: глубина воронки изменяется от 0 до 7,8 см (обозначено на графике АВ). Наружный диаметр воронки растет быстрее глубины:  $h = 78$  мм;  $D = 60$  мм =  $6 d_n$ :



№ воронки	D, мм	d, мм	h, мм
1	50	15	70
2	57	18	80
3	61	20	85

Рисунок 1 – Параметры образуемых воронок при одиночных импульсах струи

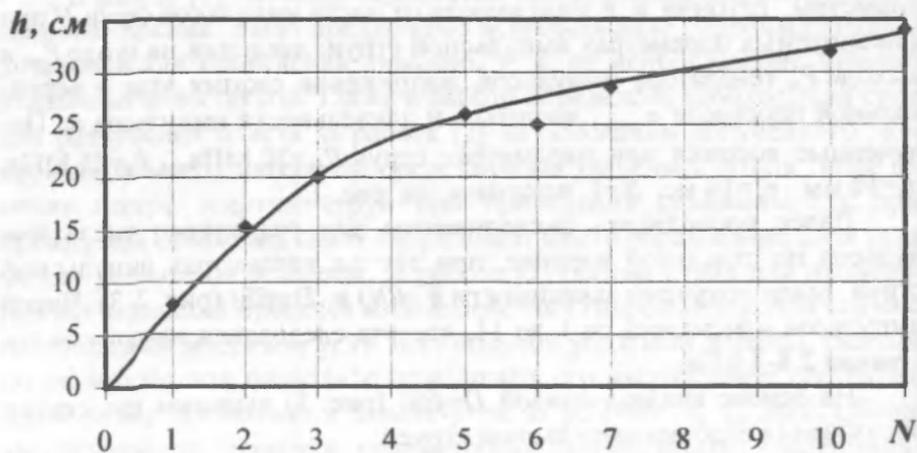


Рисунок 2 – Зависимость глубины воронки  $h$  от числа импульсов  $N$

2. Стадия интенсивного роста глубины воронки: глубина воронки изменяется от 7,8 до 26,5 см (обозначено на графике ВС). Увели-

чение глубины происходит быстрее, чем диаметра:  $h=78-265$  мм;  $D=60-70$  мм  $= (6-7) d_n$ ;

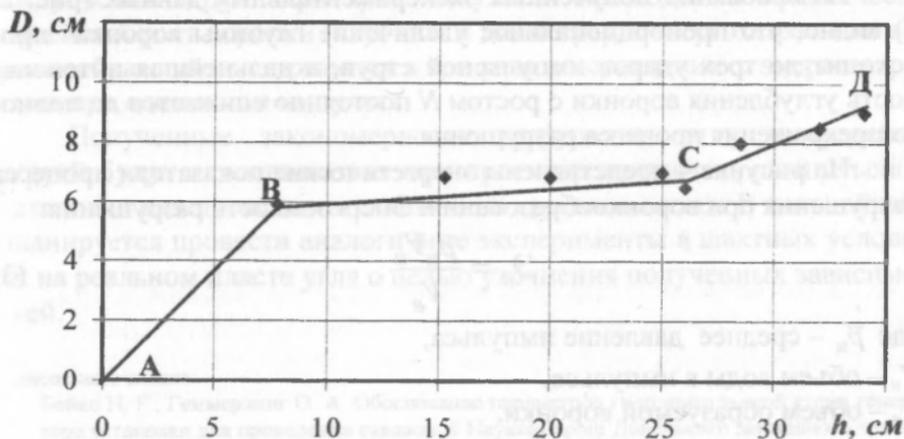


Рисунок 3 – График соотношения глубины  $h$  и диаметра  $D$  воронки

3. Стадия замедления углубления воронки: глубина воронки изменяется от 26,5 до 34 см (обозначено на графике СД). Рост глубины воронки происходит медленнее, чем увеличение наружного диаметра воронки:  $h=265-340$  мм;  $D=70-90$  мм  $= (7-9) d_n$ .

Экспериментальные данные  $h=f(N)$  (рис. 2) аппроксимировались экспоненциальной зависимостью полученной методом наименьших квадратов:

$$h = \frac{a}{1 + be^{-cN}}; \quad (1)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  – коэффициенты, полученные экспериментально.

Экспериментальные данные  $D=f(h)$  (рис. 3) аппроксимировались кусочно-линейной зависимостью:

$$D = \begin{cases} k_1 h + d; & 0 < h < 7,8 \text{ см,} \\ k_2 h + f; & 7,8 < h < 26,5 \text{ см,} \\ k_3 h + g; & h > 26,5 \text{ см.} \end{cases} \quad (2)$$

где  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $d$ ,  $f$  и  $g$  – экспериментальные коэффициенты.

Объем жидкости импульса струи определялся экспериментально при помощи специального ловителя. При определении объема им-

пульса число импульсов  $N$  изменялось от 1 до 9, проводилось не менее 5 повторных опытов для каждого значения  $N$ .

На основании полученных экспериментальных данных (рис. 2, 3) видно, что пропорциональное увеличение глубины воронки происходит до трех ударов импульсной струи, а дальнейшая интенсивность углубления воронки с ростом  $N$  постоянно снижается до полного прекращения процесса разрушения.

На рисунке 4 представлены энергетические показатели процесса разрушения при воронкообразовании. Энергоемкость разрушения:

$$\mathcal{E}_g = \frac{\bar{p}_u V_u}{V_g}, \quad (3)$$

где  $\bar{p}_u$  – среднее давление импульса,

$V_u$  – объем воды в импульсе,

$V_g$  – объем образуемой воронки.

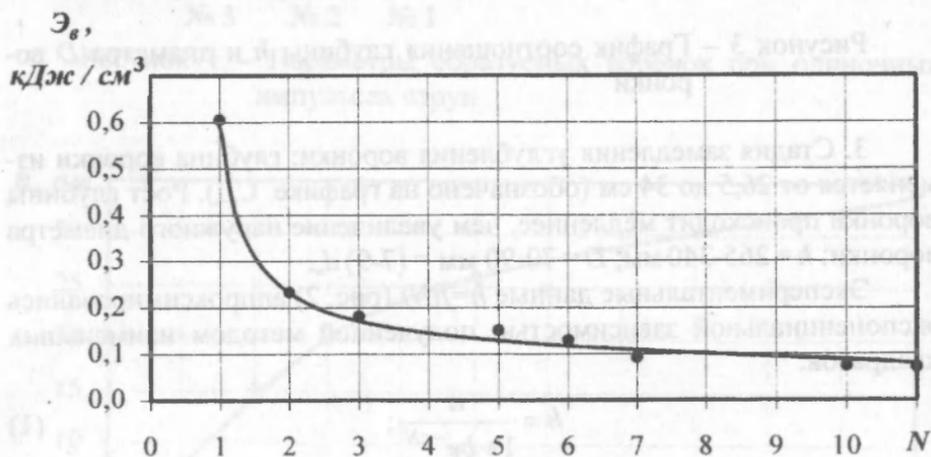


Рисунок 4 – Энергозатраты на воронкообразование

Экспериментальные данные  $\mathcal{E}_g=f(N)$  (рис. 4) аппроксимировались экспоненциальной зависимостью методом наименьших квадратов:

$$\mathcal{E}_g = \frac{s}{1+te^{-qN}}; \quad (4)$$

где  $s$ ,  $t$  и  $q$  – коэффициенты, полученные экспериментально.

Проанализировав кривые (рис. 2 - 4) можно сделать вывод о том, что каждую отдельную воронку необходимо образовывать 2-3 импульсами струи. При трех импульсах наблюдается практически линейный рост воронки (глубины и диаметра), а энергозатраты на воронкообразование снижаются в три раза по сравнению с энергозатратами при единичном импульсе.

Полученные закономерности разрушения угля импульсной струей будут использоваться при проектировании гидроимпульсной установки для проведения скважин на крутых пластах. В дальнейшем планируется провести аналогичные эксперименты в шахтных условиях на реальном пласте угля с целью уточнения полученных зависимостей.

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, 2002г., № 3, с. 70-71.
- 4 Исследование процесса гидроотбойки: Отчет о НИР / Донецкий политехи. ин-т; Руководитель Г. М. Тимошенко. Ч. 1-4. – Донецк, 1989. – 578 с.
- 5 Бугрик В. А. Разработка гидроимпульсного исполнительного органа нишевыемочной машины. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. – Донецк, 1988. – 232 с