

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ УГОЛЬНОГО МАССИВА ИМПУЛЬСНОЙ СТРУЕЙ ЖИДКОСТИ

Геммерлинг О. А., ассистент

Донецкий национальный технический университет

В работе описан механизм взаимодействия импульсной струи жидкости с разрушаемым массивом угля и приведены полученные результаты.

In work the mechanism of interaction of an impulse jet with a destroyed coal massif is described and the obtained results are adduced.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Процесс подготовки нового очистного забоя на крутых пластах Центрального района Донбасса начинается с проведения скважины на высоту этажа длиной до 150м. Одним из перспективных способов механизации процесса проведения скважин является гидравлический (с помощью импульсной струи жидкости). Для создания и обеспечения высокопроизводительной работы гидроимпульсных установок необходимо обосновать ряд параметров импульсной струи и установить характер взаимодействия импульсной струи с разрушаемым угольным пластом при проведении скважин.

Актуальность работы 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. 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 в двух плоскостях, что позволило приблизить его напряженное состояние к реальному состоянию в пласте угля. В работе [4] приведены некоторые закономерности разрушения угольного массива гидроимпульсной струей, даны аналитические описания глубины воронки, энергоемкости разрушения угля. В работах [5, 6] даны общие закономерности процесса гидроротбойки и результаты экспериментальных исследований процесса разрушения углецементного блока применительно к очистным установкам.

Постановка задачи. Настоящая статья является продолжением указанных работ. Целью данного исследования является изучение процесса разрушения угля гидроимпульсной струей и получение необходимых данных для разработки математической модели процесса взаимодействия гидроимпульсной струи с разрушаемым массивом угля при проведении скважин.

Изложение материала и результаты. Автором для подтверждения разработанной математической модели процесса взаимодействия импульсной струи с разрушаемым массивом угля был разработан и изготовлен специальный угольный блок [3].

Адекватность разработанного угольного блока реальному пласту угля подтверждается следующими факторами:

- технологическая схема проведения скважин предполагает одну обнаженную поверхность. Поэтому угольный образец был залит с боковых сторон в бетонный раствор толщиной 0,2м;
- размеры угольного образца (0,3х0,3х0,4м) примерно на порядок превышают размеры отдельных воронок и поэтому размеры блока являются достаточными для моделирования процесса взаимодействия;
- угольный образец в блоке был сжат по вертикальной и горизонтальной оси и напряжение сжатия по вертикальной оси составило $\sigma_{с.ж.в} = 9740$ Па, по горизонтальной – $\sigma_{с.ж.г} = 8450$ Па. При проведении эксперимента регистрировалось напряжение сжатия по вертикальной оси, которое уменьшилось в процессе проведения эксперимента на 10%;
- для угольного образца использовался наиболее характерный для Центрального района Донбасса уголь марки К;

- результати, отримані при використанні угольного блоку, підтверджені практикою: рекомендуєть тисок імпульсної струї було перевірено на гідроімпульсних установках, працюючих на шахті імені А. І. Гаєвого г. Горлівки Донецької області.

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

При проведении эксперимента фиксировались параметры образуемых импульсной струей воронок: наружный D_e и внутренний d_e диаметры, глубина h , в зависимости от числа импульсов струи N при фиксируемых параметрах импульсной струи: давлении на входе P_{ex} и выходе P_u генератора импульсов, напряжении сжатия угля в вертикальной плоскости $\sigma_{сж.г}$, частоты ν и длительности импульсов τ_u . Полученные воронки при параметрах струи $P_{ex} = 30$ 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.

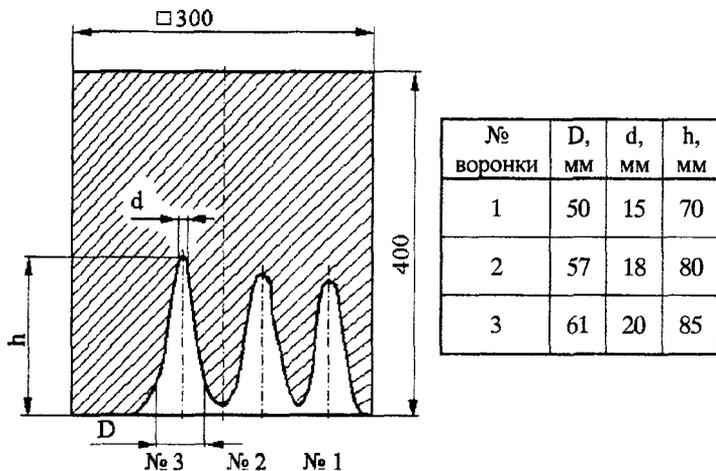


Рисунок 1 – Параметры образуемых воронок при одиночных импульсах струи

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).
2. Стадия интенсивного роста глубины воронки: глубина воронки изменяется от 7,8 до 26,5 см (обозначено на графике ВС).
3. Стадия замедления углубления воронки: глубина воронки изменяется от 26,5 до 34 см (обозначено на графике СД).

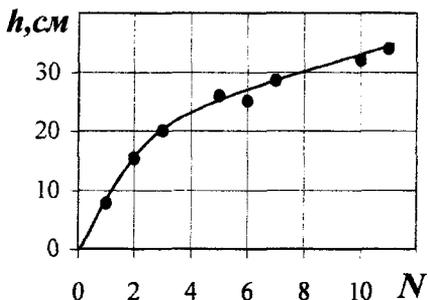


Рисунок 2 – Зависимость глубины воронки h от количества импульсов N

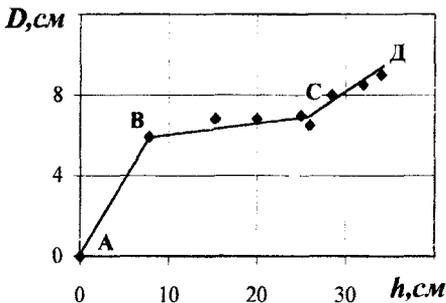


Рисунок 3 – График соотношения глубины h и диаметра D воронки

Процесс разрушения угля импульсной струей состоит из двух основных стадий: образование отдельной (врубовой) воронки и нарезание щели [5, 6, 7].

Рассмотрим процесс образования отдельной воронки (рис. 4, а) одним импульсом струи. Импульс струи условно разделен на пять частей (А, В, С, D, Е). Удар импульсной струи об угольный блок вызывает сжимающие, сдвигающие и растягивающие напряжения. Под действием участка **АВ** импульсной струи (рис. 4, б) в угле возрастают сдвигающие напряжения, и после достижения предельного значения происходит скол отдельных частиц (рис. 4, б). Уголь, который образовался, дробится и вымывается из элементарной воронки 1 участком **ВВ** импульсной струи (рис. 4, а, б). При дальнейшем движении импульсной струи, с массивом угля взаимодействует часть В (рис. 4, а), при этом происходят аналогичные процессы, описанные выше для части А, и образовывается элементарная воронка 2 (рис. 4, а). Далее

процесс повторяется аналогично до окончания действия импульса струи, при этом образуются элементарные воронки 3, 4 и 5. Фактически происходит образование 8-15 элементарных воронок при действии одного импульса. При увеличении числа ударов по отдельной воронке свыше трех уменьшается длина скола массива угля до 1-2мм и возрастает число сколов, и при этом эффективное разрушение угля заканчивается (рис. 5, 6).

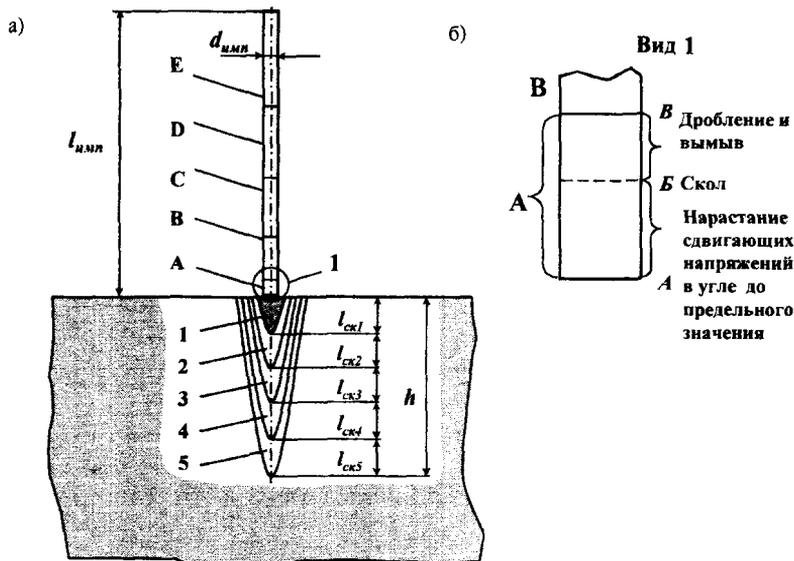


Рисунок 4 – Схема процесса разрушения массива угля одним импульсом струи

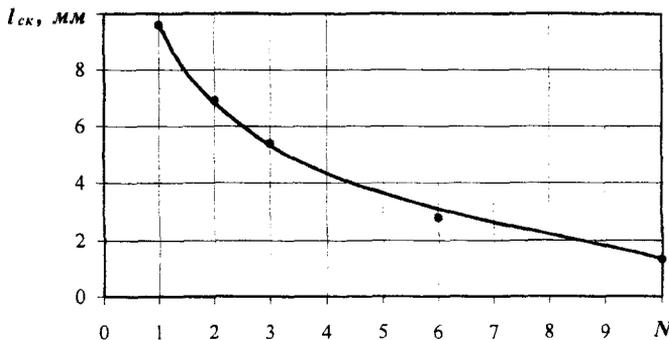


Рисунок 5 – Зависимость средней длины сколов от числа импульсов струи

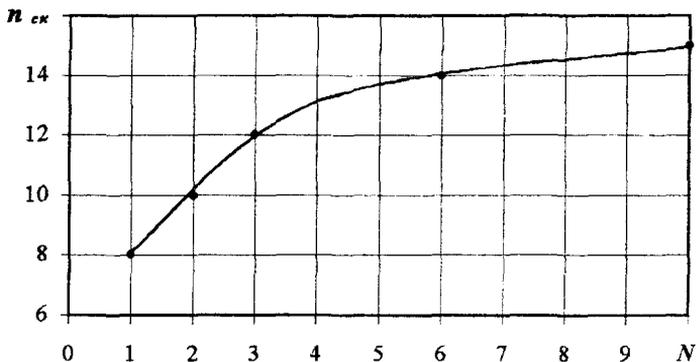


Рисунок 6 – Залежність числа сколів від числа імпульсів струї

При числі імпульсів по одній воронці вище трьох спостерігається наступне явище: перші 4-6 сколів більші приблизно в два рази, ніж наступні. Ця теорія руйнування масива вугля підтверджується отриманими осцилограммами. Як приклад на рисунку 7 наведено осцилограму процесу руйнування масива вугля для третього імпульсу в одній і тій же точці (воронку) вугільного блоку.

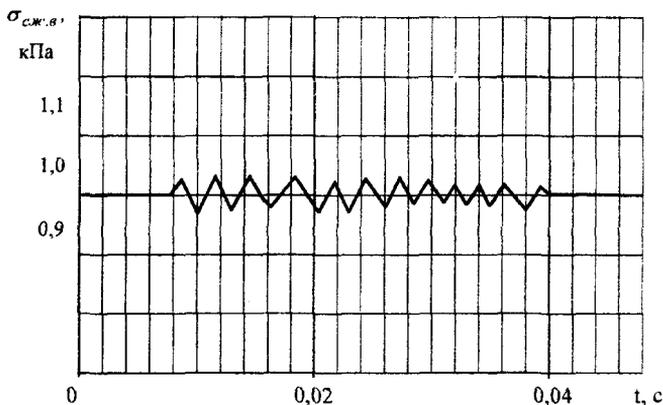


Рисунок 7 - Осцилограма процесу руйнування масива вугля імпульсною струєю (третій імпульс)

Висновки і напрямлення подальших досліджень: проаналізувавши графіки (рис. 2, 3, 5, 6) можна зробити висновок про те, що

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 примерно в три раза по сравнению с энергозатратами при единичном импульсе.

На основе полученного экспериментального материала (рис. 5, 6, 7) доказано, что разрушение массива угля происходит сколами, с распределением вероятности по закону Вейбулла. Получены параметры сколов при разрушении массива угля импульсной струей жидкости.

Полученные закономерности разрушения угля импульсной струей будут использоваться при усовершенствовании существующих и при проектировании новых гидроимпульсных установок для проведения скважин и ведения очистных работ 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 установок 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 Бойко Н. Г., Геммерлинг О. А. Исследование процесса взаимодействия импульсной струи жидкости с разрушаемым массивом угля. // Труды международной научно-технической конференции "Горная энергомеханика и автоматика". - Донецк: ДонНТУ. - 2003. - Т 2. - С. 32-37.
- 5 Исследование процесса гидроотбойки. Отчет о НИР / Донецкий политехн. ин-т; Руководитель Г. М. Тимошенко. Ч. 1 - 4. - Донецк, 1989. - 578 с.
- 6 Бугрик В. А. Разработка гидроимпульсного исполнительного органа нишевыемочной машины. Дис ... канд. техн. наук: 05.05.06. - Донецк, 1988. - 232 с.
- 7 Цяпка Н. Ф., Чапка А. М. Гидроотбойка угля на подземных работах. - М.: Госгортехиздат, 1960. - 312с.