

УДК 622. 232. 522. 24: 622. 031. 2

ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ГИДРОИМПУЛЬСНОЙ СТРУИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СКВАЖИН НА КРУТЫХ И КРУТОНАКЛОННЫХ ПЛАСТАХ

Бойко Н. Г., докт. техн. наук, проф.,
Геммерлинг О. А., ассистент

Донецкий национальный технический университет

В работе экспериментальным путем определены изменения кинетической энергии гидроимпульсной струи при прохождении ее по воздушному пространству и по пространству, заполненному разрушенным углем

In work the changes of kinetic energy of impulse jet by it passing on air space and on the space filled by the blasted coal defined by an experimental method

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Разработка крутонаклонных и крутых пластов Центрального района Донбасса осуществляется, как правило, этажным способом. Высота этажа при этом составляет до 150 м. Для подготовки нового очистного забоя необходимо пробурить скважину на эту длину. Одним из перспективных способов механизации процесса проведения скважин является гидравлический (с помощью импульсной струи жидкости). Для обеспечения высокопроизводительной работы гидроимпульсных установок необходимо обосновать параметры 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. 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] доказано, на основе полученного экспериментального материала, что разрушение угольного массива происходит сколами. Получены параметры сколов при разрушении массива угля импульсной струей жидкости. В работе [5] рассмотрены вопросы по экспериментальному определению потерь давления импульсной струей. В работе [6] определена рациональная частота импульсной струи жидкости при разрушении угольного массива на основании экспериментального материала.

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

Изложение материала и результаты. В разрабатываемой импульсной буровой установке бурение скважины осуществляется импульсной струей при давлении воды 22-28 МПа. Характерной особенностью технологии проведения скважины импульсной установкой является то, что между установкой и забоем в установившемся режиме ее работы образуется слой разрушенного угля [1]. Высота образующегося разрушенного угля изменяется практически от 0 до 1 м. При прохождении слоя разрушенного угля часть энергии струи теряется. Таким образом, при определении параметров энергии струи на выходе генератора необходимо учитывать эти потери энергии [2], а для этого необходимо знать изменение кинетической энергии импульсной струи, доходящей до забоя (производящей разрушение), при прохождении ее через слой разрушенного угля и по воздуху.

При определении кинетической энергии импульсной струи примем следующее допущение, что вся потенциальная энергия импульсной струи при прохождении ее от насадка до преграды, где установ-

лен датчик, переходит в кинетическую $E_k = \frac{mV^2}{2}$, где m - масса

струи; V – средняя скорость струи. Кинетическую энергию импульсной струи определим для двух случаев: при движении струи через воздушное пространство и через слой разрушенного угля.

Ввиду того, что на практике рабочее расстояние от насадка до забоя для импульсных струй не превышает начального участка ($100 d_n$), будем считать, что потери массы импульсной струи при ее движении будут незначительными. Это дает возможность в первом приближении принять массу струи за постоянную величину. Объем жидкости импульса струи определялся экспериментально при помощи специального ловителя. Средняя величина объема воды одного импульса струи составляет 0,23 л.

Средняя скорость струи вычислялась с помощью полученных осциллограмм (см. рис. 1, 2) косвенным методом – путем определения средней временной разности между передними фронтами импульсов давления импульсной струи и силы удара импульсной струи, т. е. по времени движения импульсной струи. Затем, имея расстояние между насадком генератора и преградой и время движения струи, определялась средняя скорость импульсной струи.

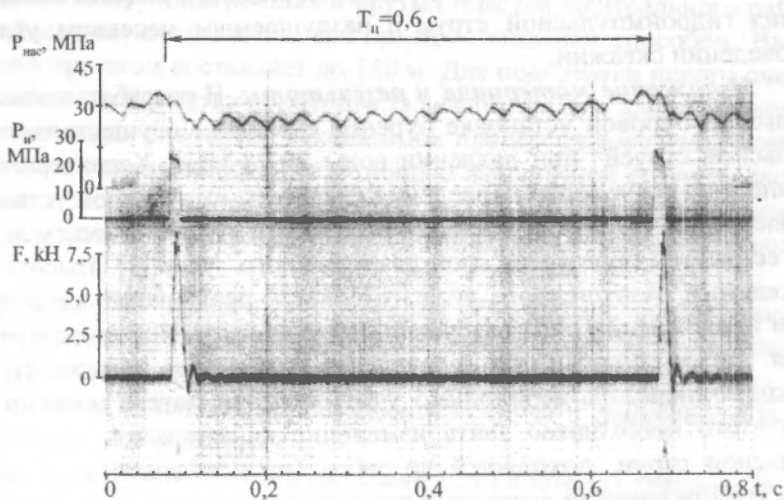


Рисунок 1 - Осциллограммы силы воздействия F и давления P_n импульсной струи при ее движении по воздуху, расстояние от насадка до преграды $l = 1$ м.

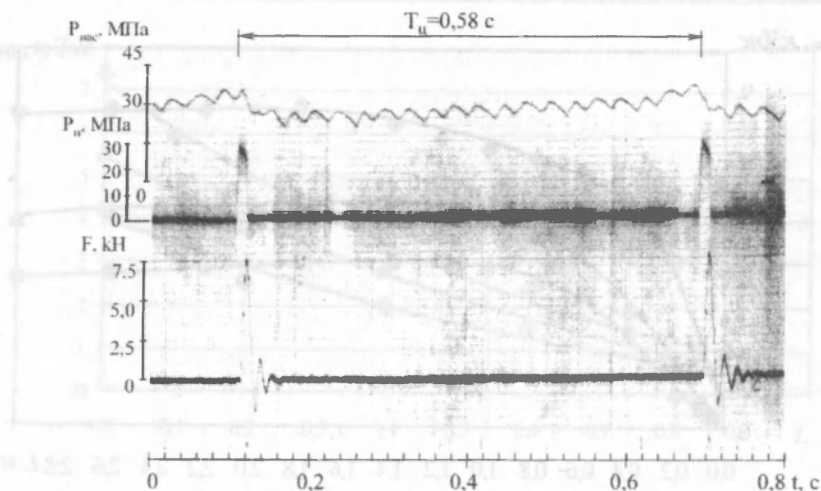


Рисунок 2 - Осциллограммы силы воздействия F и давления P_u импульсной струи при ее движении через слой разрушенного угля, толщина слоя угля $L = 0,2 \text{ м}$.

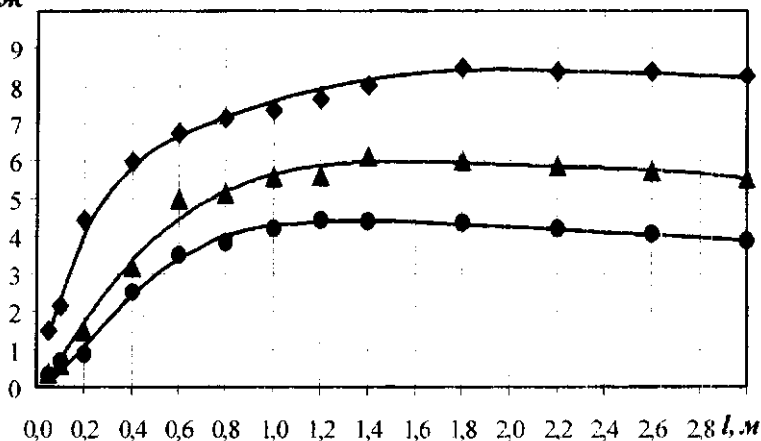
Значения кинетической энергии при прохождении струей через воздушную среду $E_{кв} = f(l)$ в зависимости от расстояния между насадком генератора и преградой (см. рис. 3) изменяются по нелинейному закону вида

$$E_{кв} = \frac{a_s + b_s l}{1 + c_s l + d_s l^2};$$

где a_s , b_s , c_s и d_s – экспериментальные коэффициенты.

Аналогично выше сказанному определим кинетическую энергию импульсной струи при движении ее через слой разрушенного угля. При данном эксперименте расстояние между насадком генератора импульсной струи составляло 1 м и в процессе исследования не изменялось, а изменялась толщина слоя разрушенного угля от 0 до 1 м [2], данные расстояния обусловлены технологией проведения скважин гидроимпульсной установкой.

При прохождении импульсной струи через слой разрушенного угля характер изменения кинетической энергии изменяется и является практически линейной убывающей функцией толщины слоя разрушенного угля L (см. рис. 4).

$E_{кв}, \text{кДж}$ 

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

Рисунок 3 - Залежності кінетичної енергії імпульсної струї від відстані між насадком генератора та перегородкою

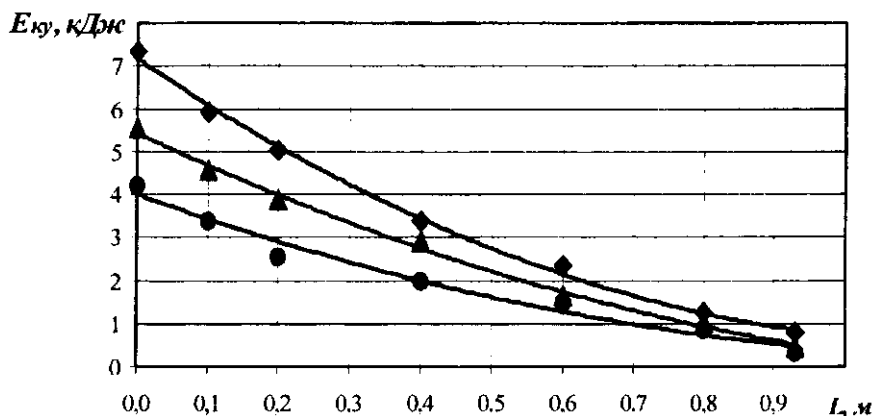
Залежності кінетичної енергії імпульсної струї від товщини вугільного шару не суперечать закону квадратичної параболі виду

$$E_{кв} = E_{к0} + E_{к1}l + E_{к2}l^2;$$

де $E_{к0}$ - початкове значення кінетичної енергії;

$E_{к1}$ і $E_{к2}$ - експериментальні коефіцієнти.

Залежності кінетичної енергії струї від товщини вугільного шару мають спадаючий вигляд від максимального значення до мінімального значення. В шар розрушеного вугля товщиною 1 м втрачається до 90 % всієї кінетичної енергії імпульсної струї, тому цілком правильно проводити скважини з такою швидкістю, при якій товщина шару розрушеного вугля буде становити не більше 0,4 - 0,5 м.



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

Рисунок 4 - Зависимости кинетической энергии импульсной струи от толщины угольного слоя

Выводы. Из приведенных экспериментальных данных следует, что кинетическая энергия импульсной струи, доходящая до забоя (производящая разрушение), зависит, во-первых, от пройденного расстояния и диаметра насадка, во-вторых, является нелинейной функцией расстояния для используемых насадков. Кинетическая энергия импульсной струи стабилизируется, начиная с расстояния 0,8 м (см. рис. 3).

Из полученных данных также следует, что с увеличением диаметра насадка кинетическая энергия струи, доходящая до забоя (производящая разрушение), увеличивается, так, например, при расстоянии 1,4 м кинетическая энергия одного импульса струи для насадка диаметром 8 мм составляет 4,4 кДж, а для насадка диаметром 12 мм – 8,2 кДж, т. е. увеличивается на 86 %. При расстоянии свыше 1,5 м наблюдается уменьшение кинетической энергии импульсной струи, доходящей до забоя.

На основании полученных данных кинетической энергии импульсной струи, в зависимости от толщины слоя разрушенного угля, видно, во-первых, что с увеличением диаметра насадка интенсивность снижения кинетической энергии струи увеличивается, во-

вторых, что при максимальном слое разрушенного угля (около 1 м) кинетическая энергия импульсной струи уменьшается в 8 - 10 раз (см. рис. 4), что ведет к значительному снижению эффективности разрушения угля, вплоть до полного прекращения разрушения. Поэтому необходимо при эксплуатации буровой гидроимпульсной машины обеспечить слой разрушенного угля перед насадками не превышающий 0,4 - 0,5 м. Толщина слоя разрушенного угля может быть изменена путем регулирования скорости подачи бурового станка.

Впервые были получены зависимости изменения кинетической энергии импульсной струи при прохождении ее через слой разрушенного угля. Полученные результаты использованы при усовершенствовании существующих и при проектировании новых гидроимпульсных установок для проведения скважин на крутых и крутонаклонных пластах. В дальнейшем планируется уточнение полученной математической модели путем проведения дальнейших экспериментальных исследований.

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. Установление закономерностей разрушения угольного массива импульсной струей жидкости // Наукові праці Донецького національного технічного університету Випуск 83. Серія: гірничо-електромеханічна - Донецьк: ДонНТУ. - 2004. - С. 64-70.
5. 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». - Донецьк: ДонНТУ. - 2005. - С. 43-45.
6. Бойко Н. Г., Геммерлинг О. А. Определение рациональной частоты импульсной струи жидкости при разрушении угольного массива // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 101. Серія: гірничо-електромеханічна. - Донецьк: ДонНТУ. - 2005. - С. 3-6.