

**Propagation of pulse pressure of electrohydropulse drilling**  
**Shuyushbayeva N.<sup>1</sup>, Kussaiynov K.<sup>2</sup>, Tanasheva N.<sup>3</sup>, Altaeva G.<sup>4</sup>, Bilyalova K.<sup>5</sup>**  
**(Republic of Kazakhstan)**

**Распространение импульсного давления при электрогидроимпульсном бурении**  
**Шуюшбаева Н. Н.<sup>1</sup>, Кусаиынов К.<sup>2</sup>, Танашева Н. К.<sup>3</sup>, Алтаева Г. С.<sup>4</sup>, Билялова К. М.<sup>5</sup> (Республика Казахстан)**

<sup>1</sup>Шуюшбаева Нургуль Найзабековна / Shuyushbayeva Nurgul – магистр физики, старший преподаватель,  
кафедра физики и математики,

Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова, г. Кокшетау;

<sup>2</sup>Кусаиынов Каппас / Kussaiynov Karras – доктор технических наук, профессор,

Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова, г. Караганда

<sup>3</sup>Танашева Назгуль Кадыралиевна / Tanasheva Nazgul – магистр физики, старший преподаватель,  
кафедра физики и математики,

Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова, г. Кокшетау;

<sup>4</sup>Алтаева Гульсинай Сарсенбаевна / Altaeva Gulsinay – магистр физики, преподаватель,  
кафедра физики и математики,

Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова, г. Кокшетау;

<sup>5</sup>Билялова Культай Мусульманбековна / Bilyalova Kultay – магистр физики, старший преподаватель,  
кафедра физики и математики,

Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова, г. Кокшетау,

Республика Казахстан

**Аннотация:** в статье рассматривается распространение импульсного давления, которое создается электрическими разрядами в неоднородной жидкости при бурении скважин. В работе приведены численные расчеты динамики давления, на основе термодинамического анализа нелинейного процесса электрогидравлического эффекта в гетерогенной среде. По результатам исследования получены зависимости относительного давления и координаты фронта ударной волны от времени.

**Abstract:** the article deals with propagation of pulse pressure, which is created by electrical discharges in an inhomogeneous fluid during well drilling. In this paper The numerical calculations of the dynamics of pressure, based on the thermodynamic analysis of the nonlinear process electrohydraulic effect in a heterogeneous environment. According to a study derived dependence the relative of pressure and the coordinates of the shock wave front on the time.

**Ключевые слова:** электрический разряд, импульсное давление, электрогидравлический бур, параболоидный отражатель.

**Keywords:** electrical discharge, pulsed pressure, electro-hydraulic drill, paraboloid a reflector.

Среди технологических процессов, использующих короткие мощные импульсы давления, можно выделить электроимпульсную дезинтеграцию материалов, электрогидравлическую обработку, а также электрогидравлический способ бурения. Для решения этих задач в качестве источника энергии используются генераторы импульсных токов, генераторы импульсных напряжений, а также разные конструкции электрогидравлического бура. Хорошо освоены технологические процессы, требующие выделения энергии накопителя за время в несколько микросекунд и более [1-2].

Электрический разряд в жидкой среде сопровождается образованием ударных волн с большой амплитудой давления на фронте, которое и используется в качестве мощного источника механической энергии с высоким коэффициентом полезного действия. Возмущения, вносимые в рабочую среду внешними источниками, в данном случае высоковольтными электрическими разрядами, оказывают влияние на свойства рабочей среды. Рабочая среда, представляющая собой неоднородную жидкость, турбулизуется, так как насыщается парами, в ней образуются газовые пузырьки, растворяются и перемешиваются в процессе разрушения и измельчения горных пород. Все эти аспекты оказывают существенное воздействие на амплитуду и частоту мощных импульсных давлений, и при расчетах это необходимо учитывать [3].

При моделировании гидродинамики электрогидравлического эффекта предполагается изотропность всех процессов, а именно волны возмущения и все другие параметры меняются одинаково по всем направлениям. В проведенных нами экспериментах была обнаружена возможность концентрирования мощности ударной волны при помощи твердого отражателя, которая представляет собой внутреннюю часть электрогидравлического бура изготовленного в виде параболоида.

Экспериментальные данные по измерению импульсного давления в гетерогенных средах при различных условиях [4] также показали необходимость исследования, закономерностей отражения волн давления большой амплитуды в пузырьковой жидкости от твердой границы.

Для проведения численного расчета используем дифференциальные уравнения, которые позволяют определить изменение по времени давления взрыва  $P(t)$  и размера полости разряда  $x(t)$  при заданных начальных условиях.

Проведенные нами численные расчеты динамики давления, на основе термодинамического анализа нелинейного процесса электрогидравлического эффекта в гетерогенной среде, учитывает влияния степени дисперсности среды и изменения геометрии канала на распространение ударной волны посредством введения уточняющих коэффициентов в уравнение теплового баланса.

Мощность выделяемая, при электрогидравлическом эффекте запишем в следующем виде:

$$N(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{1}{k(\varphi) - 1} (V \cdot P' + k(\varphi) \cdot PV') \quad (1)$$

где  $N(t)$  – мощность,  $Q(t)$  - энергия, выделяемая при электрическом разряде,  $P$  – давление рабочей среды,  $V$  – объем канала разряда,  $k$  – показатель политропы. Величины со штрихами обозначают дифференциалы по времени. Давление  $P$  на первом шаге равно максимальному значению давления на фронте ударной волны, которое определяется из условий Гюгонию:

$$P = \frac{2\rho_0}{k + 1} \cdot u^2 = C_1 \cdot u^2 \quad (2)$$

где  $C = \frac{2\rho_0}{k + 1}$  - коэффициент, учитывающий нелинейные свойства гетерогенной среды с плотностью

$\rho_0$  в невозмущенном состоянии,  $x$  – пространственная координата и  $u$  - скорость распространения ударной волны:

$$u = \frac{dx(t)}{dt} \quad (3)$$

Объем пространства, в котором происходит распространение ударной волны, равен объему некоторого эллиптического параболоида. Тогда можно представить рабочий объем, окружающий канал разряда, как объем эллиптического параболоида:

$$V = C_2 \cdot x^2 \quad (4)$$

Где  $C_2 = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r \cdot tg\theta$  - коэффициент, зависящий от геометрических параметров канала

распространения ударной волны,  $r$  - радиус рабочей части трубы,  $\theta$  - угол, равный соотношению радиуса на высоту эллиптического параболоида.

При наличии ограничивающих стенок рабочего участка в виде эллиптического параболоида, коэффициент  $C_2$  зависит от расположения центрального кабеля-электрода, который учитывает влияние ограничивающих отражателей.

Используя выражения (2), (3) и (4), преобразуем (1) уравнение и получим следующую систему для расчета эволюции давления и скорости распространения ударной волны:

$$\begin{cases} P' = \frac{k-1}{C_2} \cdot \frac{N(t)}{x^2} - 2 \cdot k \sqrt{\frac{P^2}{C_1}} \cdot \frac{1}{x(t)} \\ x' = \pm \sqrt{\frac{P}{C_1}} \end{cases} \quad (5)$$

Сущность данного подхода основана на рассмотрении явления перемежаемости в турбулентном перемешивании, заключающегося в чередовании по времени в фиксированной точке турбулентной жидкости с невозмущенной.

Для численного счета задаются значение функции и ее производных в одной точке, при котором начальный момент времени равен нулю ( $t = 0$ ). Числовые результаты получены с помощью программы Паскаль и построены графики зависимости относительного давления и координаты ударной волны от времени в пакете MathCad показаны на рисунках 1 и 2.

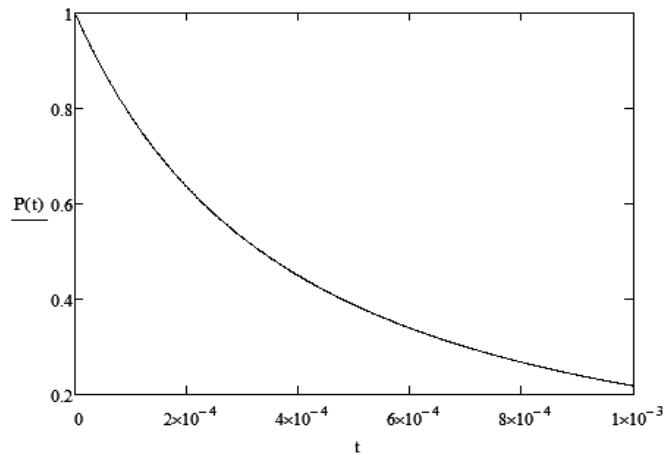


Рисунок 1. Зависимость относительного давления на фронте ударной волны от времени

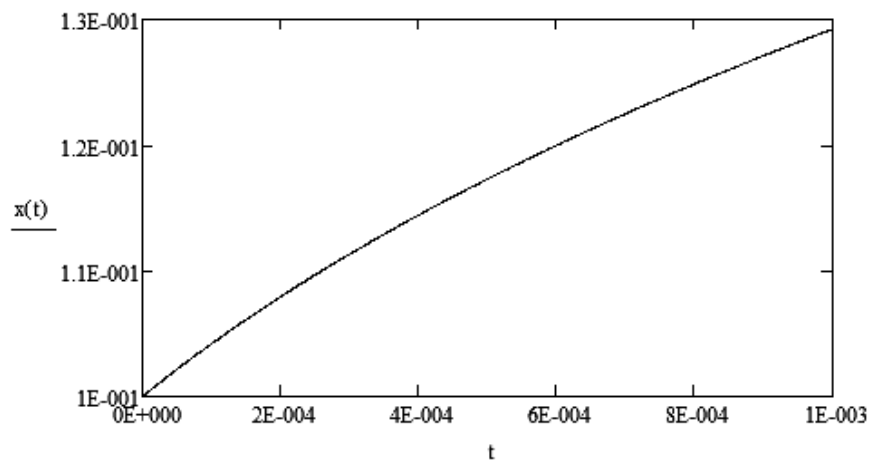


Рисунок 2. Зависимость координаты ударной волны в разрядном канале от времени

По результатам эксперимента наблюдается увеличение амплитуды импульсного давления в определенных местах центрального кабеля-электрода в параболоидном отражателе бура. При электровзрыве энергия ударной волны распространяется во все стороны изотропно, а с помощью параболоидного отражателя она может концентрироваться в одном, преимущественном направлении. Наибольшая эффективность была зафиксирована при расположении кабеля-электрода между фокусом и двойным фокусом параболоидного отражателя.

### Литература

1. *Малюшевский П.П.* Основы разрядно-импульсной технологии. Киев, Наукова думка, 1983 г., 272 с.
2. *Бельков Е.П., Бочаров Ю.Н., Шнеерсон Г.А., Янчус Э.И.* Генератор импульсных токов. Учебное пособие, СПбГТУ, 1998 г. 99 с.
3. *Воробьев А.А.* Разрушение горных пород электрическими импульсными разрядами. Томск: Изд. ТГУ, 1961 г. 150 с.
4. *Сакипова С.Е.* К расчету импульсного давления при электроразрядном воздействии в неоднородной жидкости // Вестник ТГУ.-2009. №1(5). -С.74-81.