

ностью 5-7 лет, что даст возможность поддерживать их высокий технический уровень и иметь конкурентоспособную технику на внешних рынках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НПАОП 10.0-1.01-10. Правила безпеки у вугільних шахтах: Затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 №62. - Київ, 2010. – 2154 (Нормативний документ Мінвуглепрому України).
2. Шахтное строительство. Ежемесячный журнал. - М: Недра, 1983. - Вып. 2.
3. Авторское свидетельство на изобретение СССР №852785 от 07.06.81.
4. Авторское свидетельство СССР № 1472317 от 15.12.1988 г.
5. Манец И.Г. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов: в двух томах/И.Г. Манец, Б.А. Грядущий, В.В. Левит: под общ. ред. д.т.н. Сторчака С.А. – 5-е изд., пере. и доп.- Донецк: Світ книги, 2012. - т.1 – 419с., т.2 – 418с.

УДК 622.236.4.001.1

Д-р техн. наук В. П. Куринной,
канд. ф.-м. наук И. П. Гаркуша,
кандидаты техн. наук И.И. Усик,
В.Н. Мандрикевич
(ДВУЗ «Национальный горный
университет»)

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ УДАРНЫХ ВОЛН В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

При взрывной обработке пористых металлов, разрушении горных пород взрывом, необходимо знать давление, при котором возникает ударная волна и ее параметры. Ударная сжимаемость сплошного вещества обычно описывается ударной адиабатой Тэта. Это одна из простых, но достаточно точных адиабат с известными коэффициентами для различных металлов и горных пород. Нами получены формулы для расчета скорости ударной волны, скорости течения вещества за фронтом ударной волны и объемных плотностей кинетической и потенциальной энергий в зависимости от давления. В качестве примера приведены результаты расчетов скорости ударной волны и скорости течения вещества за ее фронтом в зависимости от давления для песка различной пористости или переизмельченных скальных горных пород. В работе полагалось, что объемом воздуха пор за фронтом ударной волны можно пренебречь.

ESTIMATION OF SHOCK WAVES PARAMETERS IN POROUS MEDIUMS

The explosive processing of porous metals, destroying of rocks explosion, cause the necessity to know the pressure at which a shock wave arise, and its parameters. Shock compressibility of solid substance described with shock adiabatic Teta. This is one of the simple, but accurate enough adiabats with known coefficients for various metals and rocks. The formulas for calculating the velocity of the shock wave, velocity of the substance current behind the shock wave front and the volumetric density of the kinetic and potential energies as a function of pressure. As an example, the results of shock-wave velocity and the flow velocity of matter behind its front, depending on the pressure for different porosity sand or regrinding rocks are show. We assumed in this paper, that the volume of air pores behind front of the shock wave can be neglected.

При ведении горных пород на карьерах довольно часто применяют взрывы на сброс и выброс горных пород. Однако удовлетворительного обоснования и объяснения физики явлений, сопровождающих эти процессы, до настоящего времени не существует.

При использовании взрыва важно знать, каким образом возникает ударная

волна (УВ) в веществе. Известно, что при ее возникновении вещество за фронтом УВ течет как жидкость, а механизм разрушения вещества в ударной волне существенно отличается от механизма разрушения в волне напряжений. Все величины, описывающие состояние вещества, во фронте УВ испытывают скачок. Можно утверждать, что невозможно рассмотреть ни один технологический процесс с использованием взрыва, не определив, возникает ударная волна или нет [1].

Ударные волны возникают в горных породах и при взрывной отбойке. Горные породы зачастую содержат в порах воздух. В некоторых случаях взрывному нагружению подвергаются и пористые металлы. При этом чрезвычайно важно знать, возникают ли в этом случае УВ, а если возникают, то необходимо определить их параметры.

Рассмотрим среду, состоящую из вещества, ударная сжимаемость которого определяется уравнением Тэта [2]:

$$p = A \left(\left(\frac{\rho}{\rho_{0c}} \right)^m - 1 \right), \quad (1)$$

где p – давление; A , m – постоянные для данного вещества; ρ , ρ_{0c} – соответственно плотность вещества при давлении p и начальная плотность.

В работе [3] предложены формулы, позволяющие оценить параметры слабых УВ в пористой среде:

$$p = \alpha \rho_0 u^2 = \rho_0 D^2 / \alpha = \rho_0 u D; \quad u = \alpha D = \sqrt{\alpha p / \rho_0}; \quad D = \sqrt{p / \alpha \rho_0}, \quad (2)$$

где p – давление за фронтом УВ; D – скорость УВ; u – скорость вещества за фронтом УВ; ρ_0 – плотность пористого вещества; α – пористость.

Формулы (2) справедливы, когда плотность среды ρ за фронтом УВ незначительно больше плотности при атмосферном давлении ($\rho - \rho_0 \ll 1$).

Из формулы (1) вытекает, что

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \left(\frac{p}{A} + 1 \right)^{\frac{1}{m}} - 1. \quad (3)$$

Например, для гранита ($A = 2,35 \cdot 10^{10}$ Па, $m = 4$) при давлении $p = 5$ ГПа разность $\rho - \rho_0 = 0,049$.

Т.е. формулы (2) применимы для взрывчатых веществ, используемых в горном деле.

Давление p_s , необходимое для возбуждения ударной волны в пористой среде, можно оценить, если учесть, что скорость УВ ограничена снизу скоростью волны напряжений C_l в данной среде, т.е.

$$p_s = \alpha \rho_0 C_l^2. \quad (4)$$

Запишем параметры ударных волн в общем случае. Скорость вещества u за фронтом УВ равна [1]

$$u = \sqrt{p \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho} \right)}, \quad (5)$$

где ρ – плотность вещества за фронтом УВ.

Давление перед фронтом волны полагаем равным атмосферному.

Если пренебречь объемом газа за фронтом УВ, то из формулы (1) вытекает, что

$$\rho = \frac{\rho_0}{1-\alpha} \left(\frac{p}{A} + 1 \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (6)$$

и тогда скорость вещества за фронтом плоской прямой ударной волны равна

$$u = \sqrt{\frac{p}{\rho_0} \left(1 - (1-\alpha) \left(\frac{p}{A} + 1 \right)^{-\frac{1}{m}} \right)}. \quad (7)$$

Аналогично получаем выражение для скорости УВ D

$$D = \frac{1}{\rho_0} \sqrt{p / \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho} \right)} = \sqrt{p / \rho_0 \left(1 - (1-\alpha) \left(\frac{p}{A} + 1 \right)^{-\frac{1}{m}} \right)}. \quad (8)$$

Умножив (7) на (8), получим

$$p = \rho_0 u D. \quad (9)$$

На рис. 1 представлена зависимость скорости породы за фронтом ударной волны от давления для сред с различной пористостью, а на рис. 2 – зависимость скорости ударной волны от давления для тех же сред.

Кинетическая энергия единицы объема вещества за фронтом УВ w_c равна

$$w_c = \frac{\rho u^2}{2} = \frac{p}{2} \left(\frac{1}{1-\alpha} \left(\frac{p}{A} + 1 \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right). \quad (10)$$

Потенциальную энергию единицы объема вещества за фронтом УВ можно оценить, найдя работу, выполняемую при его адиабатном сжатии:

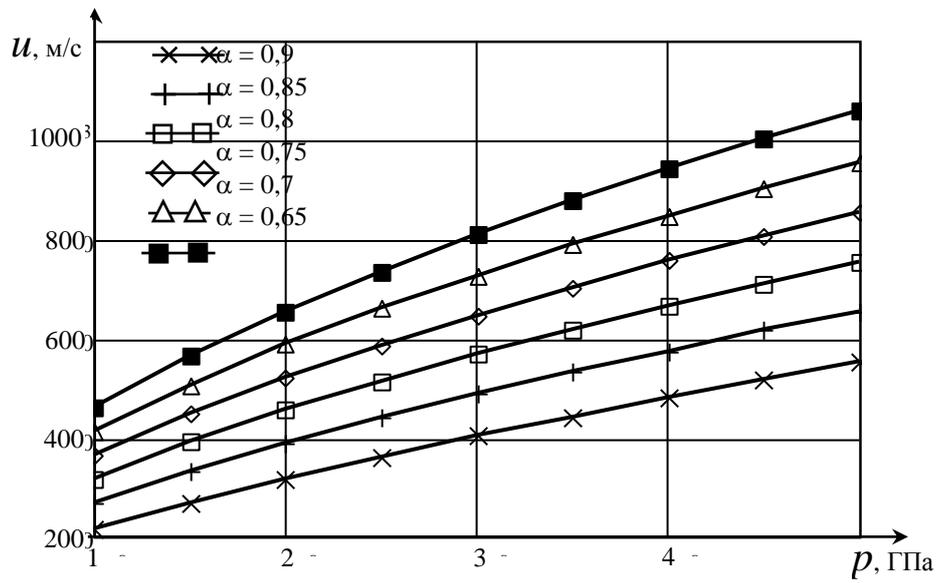


Рис. 1 – Скорость породы за фронтом ударной волны в зависимости от давления при различной пористости вещества α

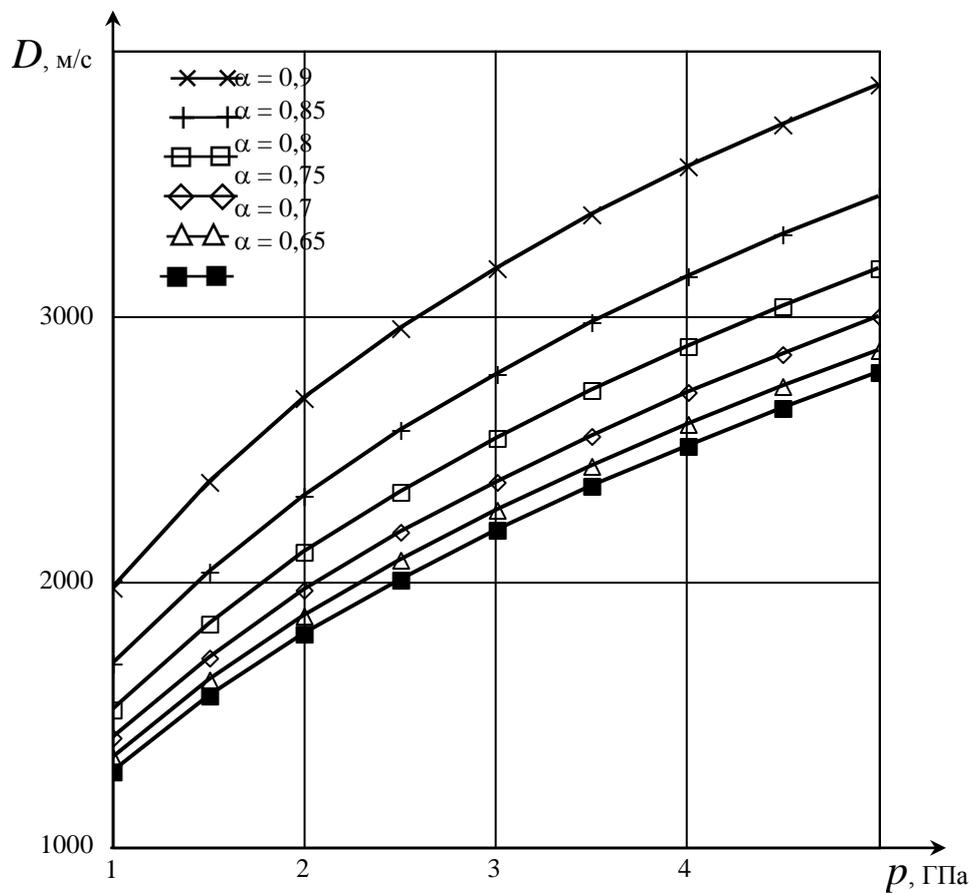


Рис. 2 – Скорость ударной волны в зависимости от давления при различной пористости вещества α

$$w_p = \frac{1-\alpha}{V_0} \int_{\frac{V_0}{1-\alpha}}^V p dV. \quad (11)$$

Используя уравнение (1), получим

$$p = A \left(\left(\frac{V_0}{(1-\alpha)V} \right)^m - 1 \right). \quad (12)$$

Подстановка p в (11) дает:

$$w_p = \frac{A}{m+1} \left(1 - \left(\frac{V_0}{(1-\alpha)V} \right)^{m-1} \right) + A \left(1 - \frac{V(1-\alpha)}{V_0} \right). \quad (13)$$

С учетом (12) удельная энергия сжатого вещества в УВ равна

$$w_p = \frac{A}{m+1} \left(1 - \left(\frac{p}{A} + 1 \right)^{\frac{m-1}{m}} \right) + A \left(1 - \left(\frac{p}{A} + 1 \right)^{-\frac{1}{m}} \right). \quad (14)$$

Следует отметить, что при адиабатном сжатии воздух в порах будет нагреваться до очень высокой температуры, будет нагреваться и само вещество. Потери энергии на разрушение вещества будут малы.

Таким образом, получены формулы, позволяющие оценить параметры ударных волн в средах, содержащих газ в поровом пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О механизме разрушения горных пород в ударной волне / И.П. Гаркуша, В.П. Куринной, В.Д. Петренко, В.А. Никифорова // Высокоэнергетическая обработка материалов. Сб. научн. трудов. - НГАУ. - 1999. - №8. - С. 156-160.
2. Физика взрыва / Ф. А. Баум, Л. П. Орленко, К. П. Станюкович [и др]. - М.: Наука, 1975. - 704 с.
3. Куринний В. П. Фізичні аспекти руйнування гірських порід вибухом / В.П. Куринний. - Дніпропетровськ: НГУ, 2009. - 158 с.

ДО ПИТАННЯ КАРТУВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВІД СХОВИЩ ВІДХОДІВ У ВЕРХНІЙ ЧАСТИНИ РОЗРІЗУ

Проведен анализ основных путей распространения загрязнения от хранилищ отходов в верхнюю часть разреза. Исследованы особенности миграции загрязнения по подземным водоносным горизонтам, обоснованы эффективные геофизические методы для исследования ореола загрязнения.

TO THE MAPPING QUESTIONS OF POLLUTION DISTRIBUTION FROM WASTE STORAGE IN THE UPPER PART OF THE SECTION

The major pathways of pollution distribution from waste storage in the upper part of the section were analysed. The features of the underground waters migration of pollution are researched. Effective geophysical methods for the study of contamination area are substantiated.

Розвиток господарського комплексу на Україні базується на розвитку промисловості, продукція якої складає 80 % експорту та підтримує економічний розвиток країни. Особливістю промислового комплексу є значна ресурсоемність (матеріало-, метало- та енергоемність), водоспоживання. Важливою складовою для стабільного розвитку країни є паливно-енергетична та видобувна промисловість. Програма розвитку національної енергетики до 2020 року передбачає активне будівництво нових енергетичних об'єктів та подальший видобуток корисних копалин: залізної руди, кам'яного вугілля тощо [1].

Промислова діяльність призводить до щорічного утворення великої кількості відходів (техногенного навантаження). Рівень техногенного навантаження території України нерівномірний та коливається від 0,025 до 32,81 т/км² для відходів 1-3 класу небезпеки (за даними державної статистичної звітності) та до 216 т/км² загальних відходів. Це призводить до щорічного збільшення накопичених відходів, в т.ч у існуючих сховищах. В Україні сховища відходів почали будувати з 1950-х років. Вони створювались в різних геологічних умовах, без повного урахування особливостей верхньої частини розрізу (ВЧР), тектонічних особливостей та без повного дотримання норм безпеки. До теперішнього часу на Україні накопичено близько 36 млрд. т. відходів [2]. Сховища відходів впливають на фізичні властивості компонентів ВЧР: ґрунтів, поверхневих та підземних вод, рослин, приземного шару атмосфери. Це дає можливість проводити картування забруднення різноманітними геолого-геофізичними методами.

В результаті поширення у ВЧР забруднення потрапляє до організму людини, спричиняючи розвиток захворювань внутрішніх органів, дихальних шляхів та онкологічних захворювань. Значний розвиток захворювань на Україні може пояснюватися, у т.ч., розташуванням найбільшого техногенного навантаження у більш населених регіонах України (рис.1).