

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАРАСТАНИЯ ДАВЛЕНИЯ
В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ
МОДЕЛИ**

С. А. Литовченко, В. Е. Проценко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Представлена методика создания импульсного давления в цилиндрической полости и результаты разрушения модели с такой полостью. Показано, что число радиально-продольных трещин в стенках полости зависит от скорости нарастания давления в момент начала разрушения.

Ключевые слова: трещинообразование, плотность начальных трещин, стенки зарядной полости, скорость нарастания давления, азимутальные напряжения.

**ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ЗРОСТАННЯ ТИСКУ В ЦИЛИНДРИЧНІЙ
ПОРОЖНИНІ НА ХАРАКТЕР РУЙНУВАННЯ МОДЕЛІ**

С. О. Литовченко, В. Є. Проценко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Наведена методика створення імпульсного навантаження в циліндричній порожнині та результати руйнування моделі з такою порожниною. Показано, що кількість радіально-поздовжніх тріщин у стінках порожнини залежить від швидкості зростання тиску на момент початку руйнування.

Ключові слова: тріщиноутворення, щільність початкових тріщин, стінка зарядної порожнини, швидкість зростання тиску, азимутальні напруження.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Как известно, высокобризантные взрывчатые вещества приводят к переизмельчению горных пород, что при производстве щебня дает потерю минерального сырья и снижение КПД взрыва.

Как известно, дробление целика взрывом определяется развитием как существующих, так и наведенных взрывом трещин. Значимость начального этапа определяется тем, что от него зависит общий результат действия взрыва. Однако сложность и теоретических исследований и экспериментального изучения начальной стадии трещинообразования при взрыве (времена не превышают десятков микросекунд) не позволила иметь в настоящее время достаточно ясную и четкую модель механизма зарождения трещин в стенках зарядной полости.

В фундаментальных теоретических работах [1], как правило, исходят из существующих микротрещин или микродефектов. В [2] отмечается фактор инерционных сил в процессах начала трещинообразования, а также, влияние скорости деформации при статических испытаниях. В экспериментальной работе [3] установлено, что в стенке зарядной полости начальные трещины образуются с некоторым запаздыванием относительно момента создания давления.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Все это свидетельствует о том, что при разрушении импульсными нагрузками процессы трещинообразования определяются не только микродефектами в породе, но и параметрами импульса напряжений. Подход не нов. Однако в подавляющих работах основное внимание уделяется амплитуде напряжений и времени их действия, что ни в коей степени не рассматривает проявление сил инерции. Последние, несомненно, присутствуют, поскольку ускорение частиц в волне напряжений большой интенсивности достигает миллиона метров на секунду в квадрате. На основании данных фактов в [4] было предложено рассчитывать плотность начальных радиально-продольных трещин в стенке цилиндрической зарядной полости с учетом скорости нарастания давления (СНД) и уменьшения азимутальных напряжений за счет волн разгрузки, возникающих вследствие образования начальных трещин.

Основной целью данной работы является изучение влияния СНД в цилиндрической полости на плотность радиально-продольных трещин в ее стенках, образующихся при разрушении.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В качестве моделей с цилиндрической полостью использовали стеклянные трубки, герметизированные с нижней стороны (рис. 1), что уменьшало вероятность появления радиально-поперечных и азимутальных трещин и влияние факторов, мешающих подсчету радиально-продольных трещин.

Такой подсчет в этом случае может быть выполнен просто по количеству фрагментов разрушенной модели.

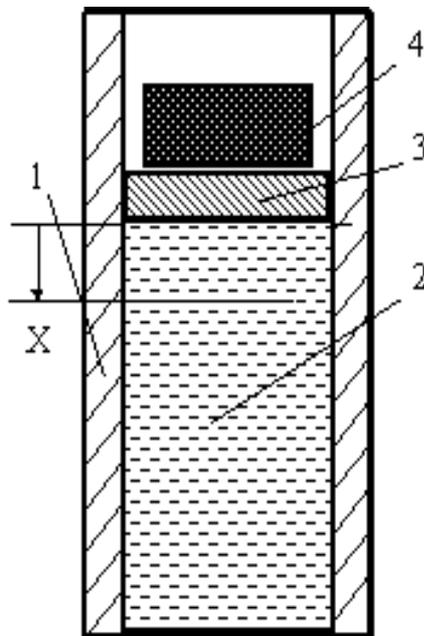


Рисунок 1 – Схема эксперимента:

1 – стеклянная трубка; 2 – жидкость; 3 – поршень; 4 – груз

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Разрушение цилиндра выполняли давлением жидкости 2, сжимаемой поршнем 3, расположенным сверху жидкости. Давление жидкости и СНД регулировали, изменяя массу и высоту падения груза 4.

Внутренний диаметр цилиндра составлял $D = 9,6$ мм; толщина стенки – $\Delta r = 1,0$ мм.

Как показали расчеты, разрушения такого цилиндра происходит при давлении порядка $P \cong 7,4$ МПа.

Однако, если максимальное давление в цилиндре будет соответствовать разрушающему, то трещинообразование будет происходить в условиях квазистатического давления. Для обеспечения динамического разрушения максимальное давление должно составлять не менее десяти мегапаскалей. Поэтому, были выбраны следующие параметры проведения опытов:

– серия 1 — масса груза составила сто граммов, высота падения равнялась девяносто сантиметрам;

– серия 2 — масса груза составила триста граммов, высота падения равнялась тридцати сантиметрам, что обеспечивало равенство энергии удара.

Разрушающее давление в первой серии экспериментов достигалось при $t = (0,04–0,05)$ мс; во второй – при $t = (0,07–0,08)$ мс. Скорость нарастания давления для первой и второй серии составила $(1,60–,65) \cdot 10^{11}$ Па/с и $(0,90–0,95) \cdot 10^{11}$ Па/с соответственно.

Результаты статистической обработки величин размеров обломков моделей представлены в табл. 1. На рис. 2 приведена фотография наиболее характерных результатов разрушения.

Таблица 1 – Влияние скорости нарастания давление на шаг трещин, сформированных импульсными нагрузками

Число экспериментов	СНД, $\times 10^{11}$ Па/с	Средний шаг S между трещинами, мм		Изменение шага S за счет изменения СНД	
		Опыт, S_0	Теория, S_T	Опыт	Теория
5	1,60–,65	3,1	17,1	1,8	1,75
5	0,90–0,95	5,8	30,0		

Как видно из табл. 1, среднее расстояние между трещинами (шаг трещин) составило $S_1 = 3,1$ мм для серии 1, и $S_2 = 5,8$ мм – для серии 2.

Теоретический расчет шага трещин по формуле, предложенной в [4] дал следующее: $S_1 = 17,1$ мм для серии 1, и $S_2 = 30,0$ мм для серии 2, т.е. теория дает значения, отличающие от экспериментальных данных на пол порядка.

Однако, при сравнить изменение шага трещин за счет изменения СНД, полученное при эксперименте и рассчитанное теоретически, то эти величины составят: эксперимент: $S_2 / S_1 = 1,8$; теория $S_2 / S_1 = 1,75$.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ



Рисунок 1 – Фотографія обломків моделі

ВЫВОДЫ. 1. Значение шага трещин, полученное экспериментально отличается от теоретического на 520–550 %.

2. Практическое совпадение отношений шагов трещин, полученное в эксперименте и в теории при изменении СНД, свидетельствует о том, что в теоретическом подходе присутствует некоторая систематическая ошибка.

3. Поэтому при расчете шага трещин в стенке цилиндрической зарядной полости, несомненно, необходимо учитывать возникновение кольцевой волны разгрузки, но этого мало.

4. При малых диаметрах зарядной полости (в данных экспериментах этот диаметр составил 9,6 мм, в то время как в [4] расчет был сделан для скважины диаметром 250 мм) необходимо учитывать фактор большой кривизны стенки и возможность увеличивающегося влияния радиальных напряжений, которые в [4] не учитываются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Griffith A.A. The phenomenon of rupture and flow in solids // *Phil. Trans. Roy. Soc. A.* – 1920. – Vol. 221, iss. 163.

2. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. – М.: Недра, 1986. – 301 с.

3. Семенюк И.А., Денисенко А.Н. Исследование начала трещинообразования при взрывном разрушении напряженных сред // *Разрушение горных пород при статическом и динамическом нагружении.* – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 42–47.

4. Литовченко С.А. Исследование механизма действия и обоснование рациональных параметров зарядов взрывчатого вещества с газообразующими компонентами: дис... канд. техн. наук: 05.15.11. – Кременчуг, 2003. – 200 с.

INFLUENCE VELOCITY OF INCREASE PRESSURE IN CYLINDRICAL CAVITY ON CHARACTER DESTRUCTION MODEL

S. Lytovchenko, V. Protsenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohrdskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

The technique of creating pulse pressure in a cylindrical cavity and the results of the destruction of a model with such cavity is given. It is shown that the number of radial longitudinal cracks in the walls of the cavity depends on the rate of pressure rise at the beginning of fracture.

Key word: crack forming, initial crack density, borehole wall, pressure increase velocity, strain azimuthal stresses.

REFERENCES

1. Griffith A.A. The phenomenon of rupture and flow in solids // Phil. Trans. Roy. Soc. A, 221, 163, 1920.
2. Rodionov V.N., Sizov I.A., Tsvetkov V.M. Foundations of geomechanics. – M.: Nedra, 1986. – 301 p. [in Russian].
3. Semenuk I.A., Denisenko A.N. Research crack forming beginning under explosive destruction strained environment. // Destruction of the rocks by static and dynamic loading. – Kiev: Naukova Dumka, 1990. – PP. 42–47. [in Ukrainian].
4. Litovchenko S.A. Study of mechanism of action and substantiation of rational parameters of explosive charges with gas-forming components / S.A. Litovchenko: Diss. Cand. techn. science: 05.15.11. – Kremenchug, 2003. – 200 p. [in Russian].

Стаття надійшла 26.04.2013.

УДК 622.235.672

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПАТРОНИРОВАННОЙ ЗАБОЙКИ ПЗС–2К В УСЛОВИЯХ ОАО «СЕВУРАЛБОКСИТРУДА»

А. В. Джигрин, К. М. Мурин

ФГУП ННЦ ГП–ИГД им. А.А.Скочинского

просп. Октябрьский, 41, г. Люберцы, Московская обл., Россия.

E-mail: igd@igds.ru

Представлены результаты анализа различных исследований влияния забойки на эффективность взрывных работ и оптимальной ее длины, а также результаты промышленных испытаний патронированной забойки ПЗС–2К в производственных условиях шахт ОАО «СУБР». Применение забоечного материала позволяет завершить процесс детонации до раскрытия газовой полости, увеличивая, тем самым, передачу энергии в массив. Применение забойки ПЗС–2К позволяет увеличивать эффективность взрывных работ со снижением удельного расхода взрывчатых веществ и СИ (СИНВ) до 15 %.

Ключевые слова: забойка, эффективная энергия, импульс, взрыв, шпур, скважина.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ПАТРОНОВАНОЇ ЗАБИВКИ ПЗС–2К В УМОВАХ ТОВ «СЕВУРАЛБОКСИТРУДА»

А. В. Джигрін, К. М. Мурін

ФГУП ННЦ ДП–ИГД ім. А.А.Скочинського

просп. Октябрський, 41, м. Люберці, Московська обл., Росія. E-mail: igd@igds.ru