

Д.А. Цыганков**ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ТРЕЩИН, ФОРМИРУЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПЛАСТИЧНЫХ ФЛЮИДОВ**

Проводились лабораторные эксперименты по ударному разрушению образцов из органического стекла пластилином с образованием вертикальных и горизонтальных трещин. В ходе производства работ измерялись большие и меньшие диаметры эллипсов трещины и заполняющего ее пластичного флюида. Определялись зависимости этих диаметров от объема внедренного в формируемую трещину пластичного флюида, а также их соотношения между собой. Зависимости, полученные на органическом стекле и пластилине, преобразовывались с учетом физико-механических свойств горных пород и реологических свойств пластичных флюидов.

Ключевые слова: флюидоразрыв, трещина, пластичный флюид, зависимость, разрушение, удар, прочность.

Флюидоразрыв является одним из основных механических способов разрушения горных пород в котором главное значение имеют форма и размеры формируемых трещин [1].

Из проведенных ранее исследований известно, что формула расчета радиуса трещины L , формируемой с применением пластичного флюида в хрупких материалах, имеет вид [2]

$$L = \sqrt[3]{\frac{V}{4\omega\sqrt{\frac{2\pi T}{K}}}}, \quad (1)$$

где V – объем пластичного флюида, внедренного в трещину, T – предел текучести пластичного флюида, ω – безразмерный объем пластичного флюида, внедренного в трещину, K – физико-механические свойства разрушаемого материала, содержащиеся в формуле [2]

$$K = \frac{E}{2(1-\nu^2)}, \quad (2)$$

где E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона.

Безразмерный объем пластичного флюида ω , внедренного в трещину, определяется по формуле [2]

$$\ln \omega = 34,7 \exp(-0,12\gamma), \quad (3)$$

где γ – степень объемного заполнения трещины пластичным флюидом ($0 < \gamma < 1$).

Объем пластичного флюида, внедренного в формируемую трещину, определяется по формуле [2]

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}, \quad (4)$$

где d – диаметр шпура, заполненного пластичным флюидом, h – глубина внедрения штанги с концевой частью клиновидной формы заострения в шпур, заполненный пластичным флюидом.

Учитывая, что диаметр эллипса трещины (заполняющего трещину пластичного флюида) D равен его удвоенному радиусу L , формулу (1) можно представить в виде

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{\omega\sqrt{\frac{2\pi T}{K}}}}, \quad (5)$$

Для получения зависимостей по определению геометрических параметров фигуры, образуемой вертикальной трещиной, использовался пластичный флюид (пластилин).

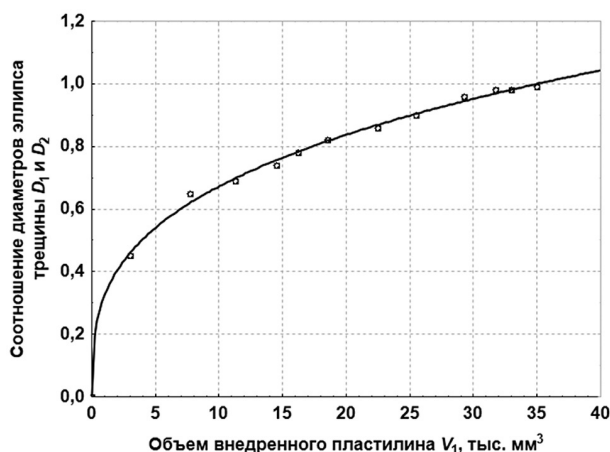


Рис. 1. Зависимость соотношения меньшего D_1 и большего D_2 диаметров эллипса трещины, формируемой в органическом стекле, от объема внедренного в нее пластичного флюида V_1

Было разрушено несколько образцов из органического стекла с размерами $600 \times 600 \times 200$ мм каждый через шпуров диаметром 16 и глубиной 400 мм. В качестве ударного средства использовался груз массой 19,8 кг, падающий по направляющему стержню [1]. В результате этих экспериментов было выяснено, что меньший диаметр эллипса вертикальной

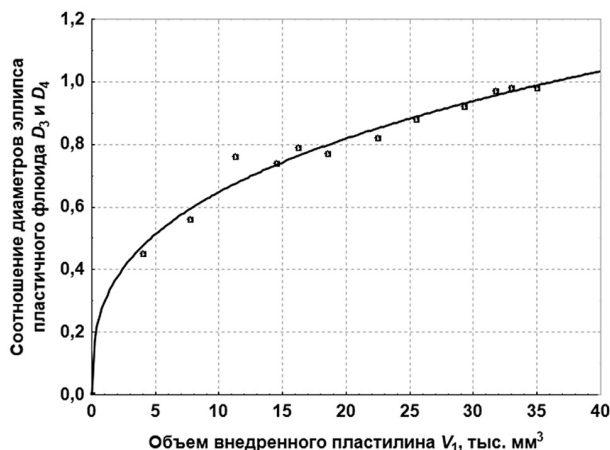


Рис. 2. Зависимость соотношения меньшего D_3 и большего D_4 диаметров эллипса пластичного флюида, заполняющего трещину, формируемую в органическом стекле, от его объема V_1

трещины D_1 в зависимости от физико-механических свойств горных пород и реологических свойств применяемого для их разрушения пластичного флюида можно определить по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sqr}} = 0,9976$)

$$D_1 = \sqrt[1,4416]{\frac{0,0013}{\omega \sqrt{\frac{\pi T (1 - \nu^2)}{E}}}}, \quad (6)$$

а больший – D_2 , по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sqr}} = 0,9877$)

$$D_2 = \sqrt[0,8836]{\frac{0,0454}{\omega \sqrt{\frac{\pi T (1 - \nu^2)}{E}}}}, \quad (7)$$

Экспериментально определенная степенная зависимость соотношения меньшего D_1 и большего D_2 диаметров эллипсов вертикальной трещины от объема внедренного в нее пластичного флюида V_1 представлена на рис. 1.

Для получения зависимостей по определению геометрических параметров фигуры, образуемой пластичным флюидом, заполняющим вертикальную трещину, также использовался пластилин. Было разрушено несколько образцов из органического стекла с размерами $600 \times 600 \times 200$ мм каждый через шпуров диаметром 16 и глубиной 400 мм. В качестве ударного средства использовался груз массой 19,8 кг, падающий по направляющему стержню [1]. В результате проведения этих экспериментов было выяснено, что мень-

ший диаметр эллипса пластичного флюида в вертикальной трещине D_3 в зависимости от физико-механических свойств горных пород и реологических свойств применяемого для их разрушения пластичного флюида можно определить по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sqr}} = 0,9962$)

$$D_3 = \sqrt[1,5809]{\frac{0,0101}{\omega \sqrt{\frac{\pi T(1-v^2)}{E}}}}, \quad (8)$$

а больший – D_4 , по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sqr}} = 0,961$)

$$D_4 = \sqrt[0,6668]{\frac{0,0495}{\omega \sqrt{\frac{\pi T(1-v^2)}{E}}}}. \quad (9)$$

Экспериментально определенная степенная зависимость соотношения меньшего D_3 и большего D_4 диаметров эллипсов пластичного флюида в вертикальной трещине от объема внедренного в нее пластичного флюида V_1 представлена на рис. 2.

Степенная зависимость соотношения меньшего D_5 и большего D_6 диаметров эллипсов горизонтальной трещины от объема внедренного в нее пластичного флюида V_2 представлена на рис. 3.

Для получения зависимостей по определению геометрических параметров фигуры, образуемой горизонтальной трещиной, также использовался пластилин, с применением которого было разрушено несколько образцов из органического стекла с размерами $600 \times 600 \times 200$ мм. Перед началом разрушения каждый образец ложился на грань 600×600 мм, а в их центрах сверлились от-

верстия для нагнетания пластичного флюида диаметром 16 и глубиной 100 мм. В качестве ударного средства использовался груз массой 19,8 кг, свободно падающий по направляющему стержню [1].

В результате проведения этих экспериментов было выяснено, что меньший диаметр эллипса горизонтальной трещины D_5 в зависимости от физико-механических свойств горных пород и реологических свойств применяемого для их разрушения пластичного флюида можно определить по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sqr}} = 0,9942$)

$$D_5 = \sqrt[1,4017]{\frac{0,0011}{\omega \sqrt{\frac{\pi T(1-v^2)}{E}}}}, \quad (10)$$

а больший – D_6 , по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sqr}} = 0,9849$)

$$D_6 = \sqrt[0,7831]{\frac{0,0187}{\omega \sqrt{\frac{\pi T(1-v^2)}{E}}}}. \quad (11)$$

Для получения зависимостей по определению геометрических парамет-

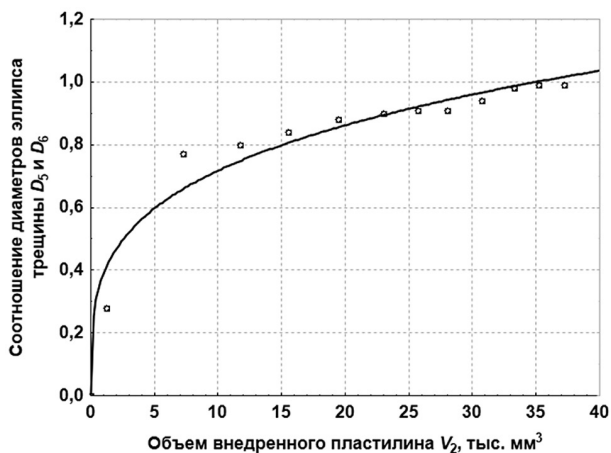


Рис. 3. Зависимость соотношения меньшего D_5 и большего D_6 диаметров эллипса трещины, формируемой в органическом стекле, от объема внедренного в нее пластичного флюида V_2

ров фигуры, образуемой пластичным флюидом, заполняющим горизонтальную трещину, также использовался пластилин, с применением которого было разрушено несколько образцов из органического стекла с размерами 600×600×200 мм. Перед началом разрушения каждый образец ложился на грань 600×600 мм, а в их центрах сверлились отверстия для нагнетания пластичного флюида диаметром 16 и глубиной 100 мм. В качестве ударного средства использовался груз массой 19,8 кг, свободно падающий по направляющему стержню [1].

В результате проведения этих экспериментов было выяснено, что меньший диаметр эллипса пластичного флюида в горизонтальной трещине D_7 в зависимости от физико-механических свойств горных пород и реологических свойств применяемого для их разрушения пластичного флюида можно определить по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sq}} = 0,994$)

$$D_7 = \sqrt[1,6083]{\frac{0,0050}{\omega \sqrt{\frac{\pi T(1-v^2)}{E}}}}, \quad (12)$$

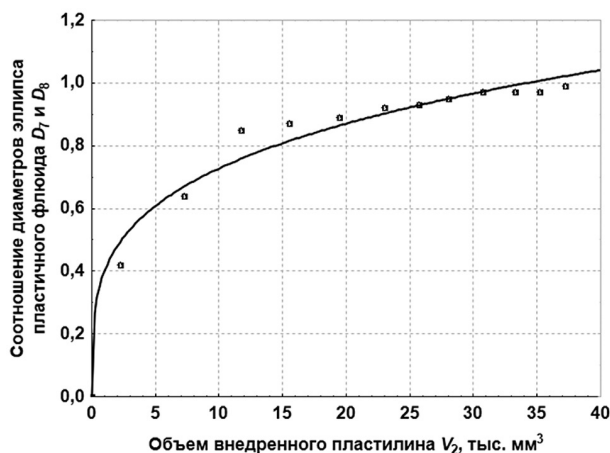


Рис. 4. Зависимость отношения меньшего D_7 и большего D_8 диаметров эллипса пластичного флюида, заполняющего трещину, формируемую в органическом стекле, от его объема V_2

а больший – D_8 , по формуле степенной зависимости ($R_{\text{sq}} = 0,993$)

$$D_8 = \sqrt[1,3137]{\frac{0,0007}{\omega \sqrt{\frac{\pi T(1-v^2)}{E}}}}. \quad (13)$$

Степенная зависимость соотношения меньшего D_7 и большего D_8 диаметров эллипсов пластичного флюида в горизонтальной трещине от объема внедренного в нее пластичного флюида V_2 представлена на рис. 4.

Выводы: 1. При постоянной ударной нагрузке соотношения меньших и больших диаметров эллипсов увеличивающейся в размерах вертикальной трещины и зоны ее заполнения пластичным флюидом стремятся к единице по степенному закону.

2. При постоянной ударной нагрузке соотношения меньших и больших диаметров эллипсов увеличивающейся в размерах горизонтальной трещины и зоны ее заполнения пластичным флюидом стремятся к единице по степенному закону.

3. Энергоемкость формирования вертикальной трещины площадью 0,3 м² в 16 раз меньше, чем горизонтальной и растет по степенному закону при увеличении своих размеров».

4. Энергия удара, необходимая для формирования вертикальной трещины диаметром 1,2 м, в 3 раза меньше, чем горизонтальной и растет по степенному закону при увеличении своих размеров».

5. Экспериментально доказано, что в результате увеличения объема пластичного флюида, внедряемого в вертикальную трещину, площадь этой трещины и зоны ее заполнения пласт-

тичным флюидом увеличивается по линейному закону.

6. Экспериментально доказано, что в результате увеличения объема пластичного флюида, внедряемого в горизонтальную трещину, площадь этой трещины и зоны ее заполнения пластичным флюидом увеличивается по линейному закону.

7. Экспериментально доказано, что количество пластичного флюида, не-

обходимого для формирования вертикальных и горизонтальных трещин одинаковой площади, увеличивается при снижении прочности разрушаемых горных пород. Для формирования трещины площадью 1 м^2 в прочном строительном камне (гранит, диорит, сиенит) потребуется не свыше 125 мм^3 пластичного флюида, а средней прочности (мрамор, мраморизованный известняк, песчаник) – не свыше 250 мм^3 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыганков Д.А. Добыча строительного камня с применением флюидоразрыва горных пород. Способ, техника и технология. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2014. – 285 с.

2. Тапсиев А.П., Цыганков Д.А. Обоснование параметров ударного разрушения хрупких материалов пластичными веществами // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2008. – № 4. – С. 43–58. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Цыганков Дмитрий Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, e-mail: mymailmight@gmail.com, Институт горного дела Сибирского отделения РАН.

UDC 622.35: 622.531

THE BASIC GEOMETRICAL PARAMETERS OF FRACTURES FORMED WITH THE APPLICATION OF PLASTIC FLUIDS

Tsygankov D.A., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Senior Researcher, e-mail: mymailmight@gmail.com, Institute of Mining of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630091, Novosibirsk, Russia.

The laboratory experiments on shock destruction of samples made of organic glass by plasticine with the formation of vertical and horizontal fractures were made. During the manufacture of the operations were measured the big and smaller diameters of ellipses of fracture and filling it plastic fluid. Dependences of these diameters on volume of the plastic fluid introduced in formed fracture, and their parities among themselves were defined. The dependences received on organic glass and plasticine, were transformed with the account of physicomechanical properties of rocks and rheological properties of plastic fluids.

Key words: fluid destructure, fracture, plastic fluid, dependences, destruction, blow, durability.

REFERENCES

1. Tsygankov D.A. *Dobycha stroitel'nogo kamnya s primeneniem flyuidorazryva gornyykh porod. Sposob, tekhnika i tekhnologiya* (The extraction of a building stone with the application of fluid rock destruction. Way, technics and technology), Saarbrücken: LAP LAMBERT Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2014, 285 p.
2. Tapsiev A.P., Tsygankov D.A. *Fiziko-tekhicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2008, no 4, pp. 43–58.

