

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №2, Том 10 / 2018, No 2, Vol 10 <https://esj.today/issue-2-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/87NZVN218.pdf>

Статья поступила в редакцию 17.04.2018; опубликована 13.06.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чекушина Т.В., Воробьев К.А. Определение величины зоны уплотнения грунта при взрыве сферического заряда // Вестник Евразийской науки, 2018 №2, <https://esj.today/PDF/87NZVN218.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Chekushina T.V., Vorobyev K.A. (2018). The size of the ground sealing zone in the explosion of a spherical charge. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 2(10). Available at: <https://esj.today/PDF/87NZVN218.pdf> (in Russian)

УДК 55

Чекушина Татьяна Владимировна

ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН», Москва, Россия
Ведущий научный сотрудник отдела горной экологии
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Доцент департамента «Геологии, горного и нефтегазового дела»
Доктор экономических наук, кандидат технических наук
E-mail: council-ras@bk.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9261-1105>

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=61549

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=8848759700>

Воробьев Кирилл Александрович

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Бакалавр

E-mail: k.vorobyev98@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5792-3979>

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=887256

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57193517186>

Определение величины зоны уплотнения грунта при взрыве сферического заряда

Аннотация. В данной статье рассмотрен анализ состояния взрывных работ на карьерах, который показывает, что несмотря на многочисленные исследования, регулирование степенью дробления скальных пород взрывом имеет ограниченные возможности. Также было установлено, что при применении имеющихся типов забойки недостаточно времени воздействия продуктов детонации на стенки скважины. Авторами представлено определение величины зоны уплотнения грунта при взрыве сферического заряда методом математического моделирования.

Ключевые слова: взрывные работы; математический анализ; сферический заряд; зона уплотнения грунта; воздействие продуктов детонации

Энергетическую теорию взрывного процесса в грунтовом массиве можно рассматривать в следующем виде: при взрыве заряда, помещенного на достаточной глубине, на стенки зарядной камеры оказывает действие чрезвычайно высокое давление, вызывающее ударную волну, влияние которой проявляется в весьма небольшой промежуток времени [1].

Вследствие кратковременности процесса взрыва действие его можно принять мгновенным, т. е. время передачи энергии в среде равно нулю; можно также принять, что среда обладает малой подъемной сжимаемостью.

На основании этих допущений действие взрыва в грунтовом массиве при образовании открытых горных выработок можно описать следующим образом. Движение среды за фронтом ударной волны под действием высоких давлений приводит к сжатию ее с одновременным увеличением геометрических размеров зарядной камеры. При достижении средой предельного расширения вследствие понижения давления происходит ее обратное движение, в результате чего, кроме радиальных трещин, на стенках боковых выработок образуются кольцевые трещины. Вблизи места взрыва обратное движение среды приводит к дополнительному сжатию, образуя уплотненные зоны в боковых выработках.

Рассмотрим изменение скорости v некоторой точки среды на расстоянии R от центра заряда. При этом силами трения и сцепления необходимо пренебречь, что вполне допустимо при небольших расстояниях от центра взрыва и чрезвычайно больших давлений.

На основании изложенного выше можно построить скоростное поле, исходя при этом из положений кинетической теории, что «через любую сферическую поверхность радиуса R , проведенную вокруг заряда радиусом R_0 , в единицу времени проходит такой объем материала, каков объем газов, вышедших за пределы начальных границ заряда»¹ [2], т. е.

$$4\pi R^2 v = 4\pi R_0^2 v_0,$$

или

$$v = v_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^2, \quad (1)$$

где v – скорость частиц грунта на расстоянии радиуса R , м/с;

v_0 – скорость частиц грунта на поверхности заряда, м/с;

R – расстояние от центра заряда до данной точки, м;

R_0 – радиус заряда, м.

Согласно выражению (1) наибольшая скорость v_0 будет соответствовать скорости частиц грунта, непосредственно соприкасающихся с продуктами взрыва, а наименьшую скорость v будут иметь частицы грунта, расположенные на расстоянии R .

Рассмотрим расчетную схему действия сферического заряда в грунтовом массиве, приведенной на рис. 1.

¹ <http://kniga.lib-i.ru/26fizika/213068-1-novie-tehnologii-nauke-zemle-materiali-iii-vserossiyskoy-nauchno-prakticheskoy-konferencii-nalchik-udk-50455054-6.php>.

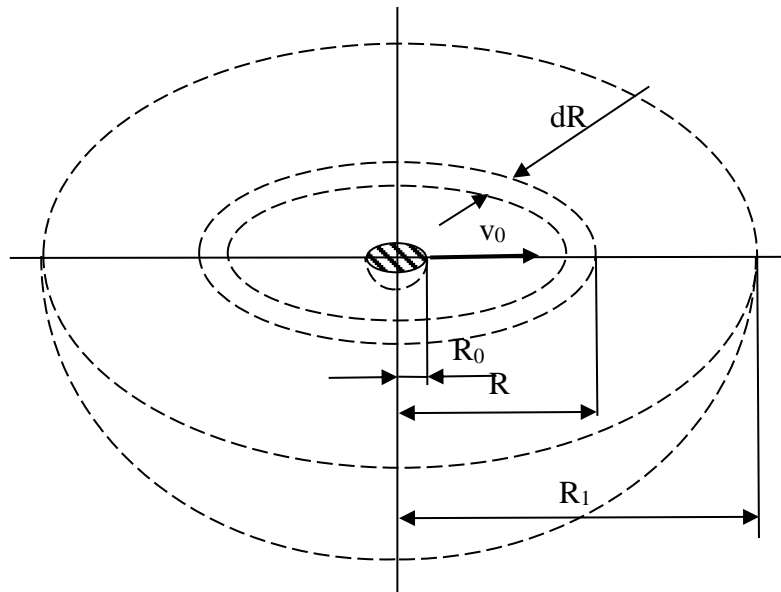


Рисунок 1. Расчетная схема действия взрыва сферического заряда

По данной схеме определим величину кинетической энергии слоя грунта внутри радиуса R . Для этого определим запас энергии сферического слоя толщиной dR и введем следующие обозначения: поверхность сферы – $4\pi R^2$; плотность среды (грунта) – $\rho_{гр}$; радиус сферического заряда – R_0 .

Тогда элементарный объем массы составит

$$Dm = 4\pi R^2 \rho_{гр} dR,$$

а кинетическая энергия элементарного объема dE будет

$$dE = \frac{dmv^2}{2} = 2\pi R^2 v^2 \rho_{гр} dR$$

Следовательно, кинетическую энергию массы грунта на расстоянии R_1 можно определить из выражения

$$E = \int_{R_0}^{R_1} \frac{dmv^2}{2} = 2\pi \rho_{гр} v_0^2 R_0^2 \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} \right),$$

или

$$E = 2\pi \rho_{гр} v_0^2 R_0^2 \left(\frac{R_1 - R_0}{R_1} \right)$$

Так как $R_1 > R_0$. можно принять, что

$$\frac{R_1 - R_0}{R_1} \cong 1$$

Обозначив через $\gamma_{вв}$ объемный вес ВВ ($\text{кг}/\text{м}^3$), а через Q – энергию единицы веса ВВ ($\text{кгм}/\text{кг}$), получим выражение для определения кинетической энергии, выделившейся при взрыве заряда ВВ,

$$E = \frac{4}{3} \pi R_0^3 \gamma_{\text{вв}} Q$$

Приравняв кинетическую энергию массы грунта энергии, выделяемой при взрыве заряда ВВ, получим

$$\frac{4}{3} \pi R_0^3 \gamma_{\text{вв}} Q = 2\pi \rho_{\text{сп}} v_0^2 R_0^3 \left(\frac{R_1 - R_0}{R_1} \right) \quad (2)$$

Так как $\frac{R_1 - R_0}{R_1} \cong 1$, из уравнения (2) определим скорость частиц грунта на поверхности заряда

$$v_0 = \sqrt{\frac{2\gamma_{\text{вв}} Q}{3\rho_{\text{сп}}}} \quad (3)$$

Подставив значение v_0 из выражения (3) в формулу (1), получим

$$v = \sqrt{\frac{2\gamma_{\text{вв}} Q}{3\rho_{\text{сп}}}} \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \quad (4)$$

Плотность среды (грунта) может быть выражена как:

$$\rho_{\text{сп}} = \frac{\Delta}{g} \quad [\text{кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4], \quad (5)$$

где Δ – объемный вес грунта в естественном состоянии, $\text{кг}/\text{м}^3$; $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

Подставив выражение (5) в уравнение (4), получим

$$v = \sqrt{\frac{2\gamma_{\text{вв}} Q g}{3\Delta}} \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \quad (6)$$

По выражению (6) можно определять скорость частиц среды на различном расстоянии от центра взрыва.

Известно, что объемный вес грунта зависит от минералогического состава, пористости и влажности; при изменении этих компонентов будет изменяться величина v , определяемая по выражению (6).

Пользуясь выражением (6), определим радиус заряда R_0

$$\frac{R_0^2}{R^2} = \frac{v}{\sqrt{\frac{2\gamma_{\text{вв}} Q g}{3\Delta}}}$$

Откуда

$$R_0 = 0,625 \frac{\sqrt{vR}}{\sqrt{\frac{\gamma_{\text{вв}} Q}{\Delta}}}$$

Разрушение среды возможно в случае, если скорость перемещения частиц грунта в соответствующих условиях будет больше некоторой критической величины $v_{кр}$. Принимая, что $v = v_{кр}$, окончательно получим

$$R = \frac{R_0 \sqrt{\frac{\gamma_{ВВ} Q}{\Delta}}}{0,625 \sqrt{v_{кр}}}.$$

Таким образом, установлено, что величина зоны уплотнения грунта взрывом сферического заряда изменяется прямо пропорционально радиусу заряда, энергетическим показателям промышленных ВВ и обратно пропорционально критической скорости разлета частиц грунта [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Методические подходы к разработке паспортов безопасности объектов топливно-энергетического комплекса // В сборнике: ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы шестнадцатой международной конференции. 2017. С. 78-86.
2. Vorob'ev, A., Chekushina, T., Vorob'ev, K. Russian national technological initiative in the sphere of mineral resource usage // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik, Volume 32, Issue 2, March 2017, Pages 1-8.
3. Vorob'ev Aleksandr, Shchesnyak Evgeniy, Singkh Ragkhav Dzhugendra, Shchesnyak Kirill, Vorob'ev Kirill Transition to advance technologies of subsoil use // Metallurgical and Mining Industry. 2017. № 2. С. 72-80.

Chekushina Tatiana Vladimirovna

Melnikov institute of comprehensive exploitation of mineral resources, Russian academy of sciences, Moscow, Russia
Russian university of people's friendship, Moscow, Russia
E-mail: council-ras@bk.ru

Vorobyev Kirill Aleksandrovich

Russian university of people's friendship, Moscow, Russia
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru

The size of the ground sealing zone in the explosion of a spherical charge

Abstract. This article analyzes the state of blasting operations in quarries, which shows that, despite numerous studies, the regulation of the degree of fragmentation of rocks by the explosion has limited capabilities. It was also found that when using existing types of hewing, the time of impact of detonation products on the walls of the well is not sufficient. The authors presented the determination of the magnitude of the soil compaction zone in the explosion of a spherical charge by mathematical modeling.

Keywords: blasting; mathematical analysis; spherical charge; soil compaction zone; impact of detonation products