

## **ВЛИЯНИЕ ОБОЛОЧЕК ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ НАКЛАДНЫХ ЗАРЯДОВ НА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В ТВЕРДЫХ СРЕДАХ**

**В. Н. Долударев**

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

Переизмельчение среды при добыче нерудных горных пород является нежелательным так же, как и выход негабаритных фракций. При этом бризантность взрывчатых веществ является одной из основных их характеристик, непосредственно влияющих на переизмельчение породы в ближней к заряду зоне. Снизить бризантное воздействие на нагружаемую среду можно, разместив на границе раздела взрывчатое вещество–порода различные инертные материалы. Но при этом, вместе со снижением переизмельчения в ближней к заряду зоне уменьшается общая энергия заряда, что приводит к уменьшению интенсивности дробления в средней и дальней зонах и, как следствие, к повышению выхода негабарита. Избежать этого можно разместив в виде оболочки заряда взрывчатого вещества энергоактивное газообразующее вещество (недетонирующие пороха, отходы тверды ракетных топлив и т.д.). Такое вещество на начальной стадии взрыва использует часть энергии взрывчатого вещества для своего воспламенения и тем самым снижает переизмельчение среды в ближней к заряду зоне. Впоследствии же энергоактивная добавка в процессе своего горения выделяет энергию, которая способствует усилению дробления в средней и дальней зонах, что делает процесс измельчения среды более равномерным.

**Ключевые слова:** бризантное воздействие, оболочка, газообразующее вещество, трещинообразование.

## **ВПЛИВ ОБОЛОНОК ЦИЛІНДРИЧНИХ НАКЛАДНИХ ЗАРЯДІВ НА ТРИЩИНОУТВОРЕННЯ В ТВЕРДИХ СЕРЕДОВИЩАХ**

**В. М. Долударев**

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

Переподрібнення середовища при видобутку нерудних гірських порід є небажаним так само, як і вихід негабаритних фракцій. При цьому бризантність вибухових речовин є однією з основних їх характеристик, що безпосередньо впливають на переподрібнення породи в ближній до заряду зоні. Знизити бризантний вплив на середовище, що навантажується можна розмістивши на межі розділу вибухова речовина–порода різні інертні матеріали. Але при цьому, разом зі зниженням переподрібнення в ближній до заряду зоні, зменшується загальна енергія заряду, що призводить до зменшення інтенсивності дроблення в середній і віддаленій зонах і, як наслідок, до підвищення виходу негабариту. Уникнути цього можна, розмістивши у вигляді оболонки заряду вибухової речовини енергоактивну газоутворюючу речовину (недетонуючі пороха, відходи твердих ракетних палив і т.д.). Така речовина на початковій стадії вибуху використовує частину енергії вибухової речовини

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

для свого займання і, тим самим, знижує переподрібнення середовища в ближній до заряду зоні. Згодом же, енергоактивна добавка в процесі свого горіння виділяє енергію, яка сприяє посиленню дроблення в середній і віддаленій зонах, що робить процес подрібнення середовища більш рівномірним.

**Ключові слова:** бризантний вплив, оболонка, газоутворююча речовина, тріщиноутворення.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Взрывная отбойка горных пород была и остается основным методом добычи полезных ископаемых открытым способом. Бризантность – одно из основных свойств взрывчатых веществ (ВВ), оказывающих существенное влияние на дробление нагружаемой среды. Высокая скорость нарастания давления в зарядной полости, при взрыве расположенного в ней бризантного ВВ, приводит к интенсивному трещинообразованию в ближней к заряду зоне и, как следствие, к переизмельчению разрушаемой среды. При этом, переизмельчение породы в ближней зоне далеко не всегда сопровождается достаточной интенсивностью дробления в средней и дальней зонах действия взрыва. Поэтому рациональное перераспределение зон регулируемого дробления является целесообразным, особенно при добыче нерудных полезных ископаемых, когда переизмельчение породы является нежелательным, как и выход негабаритных фракций.

Одним из способов снижения выхода переизмельченных фракций при взрывах в твердых средах является создание в зарядах взрывчатых веществ воздушных промежутков, что позволяет снизить пик давления в зарядной полости на начальной стадии взрыва и, как следствие, уменьшить бризантное действие на разрушаемую среду. Аналогичным способом можно считать снижение пика давления в зарядной полости при формировании вокруг заряда ВВ оболочки из инертных веществ (воздух, песок, гранотсев и др.). При прохождении сквозь такую оболочку продуктов детонации (ПД) еще до начала взаимодействия с разрушаемой средой обеспечивается снижение их максимального давления.

Недостатком данных способов является потеря определенной части энергии заряда на непроизводительный нагрев инертного вещества. Избежать этого можно, добавив в заряд ВВ недетонирующий газообразующий энергоактивный компонент из отходов твердых ракетных топлив, недетонирующих порохов и т.д. Используя часть энергии детонирующего ВВ на начальной стадии взрыва для своего воспламенения и снижая максимальное давление ПД, газообразующая добавка в процессе горения на последующих стадиях выделяет энергию, которая способствует усилению дробления среды. Это приводит к одновременному уменьшению выхода как переизмельченных, так и негабаритных фракций, что целесообразно для повышения эффективности работы предприятий по добыче нерудных полезных ископаемых [1–7].

Цель работы – исследование влияния оболочек из инертного и газообразующего вещества, расположенных вокруг накладных зарядов ВВ, на изменение трещинообразования в твердых средах.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Для оценки бризантного воздействия на разрушаемую среду удлиненного цилиндрического заряда ВВ с

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

газообразующим веществом в виде наружной оболочки, нами проведена серия экспериментов с накладными зарядами на моделях из оргстекла размером 90×65×67 мм:

1) заряд ВВ массой 600 мг, диаметром 4 мм, длиной 40 мм (рис. 1);

2) заряд ВВ с газообразующей добавкой в виде наружной оболочки (диаметр гильзы с ВВ 4 мм массой 600 мг, длиной 40 мм, газообразующая оболочка с наружным диаметром 8 мм массой 700 мг) (рис. 2);

3) заряд ВВ с резиновой наружной оболочкой диаметром 8 мм (диаметр гильзы с ВВ 4 мм массой 600 мг, длиной 40 мм) (рис. 3).

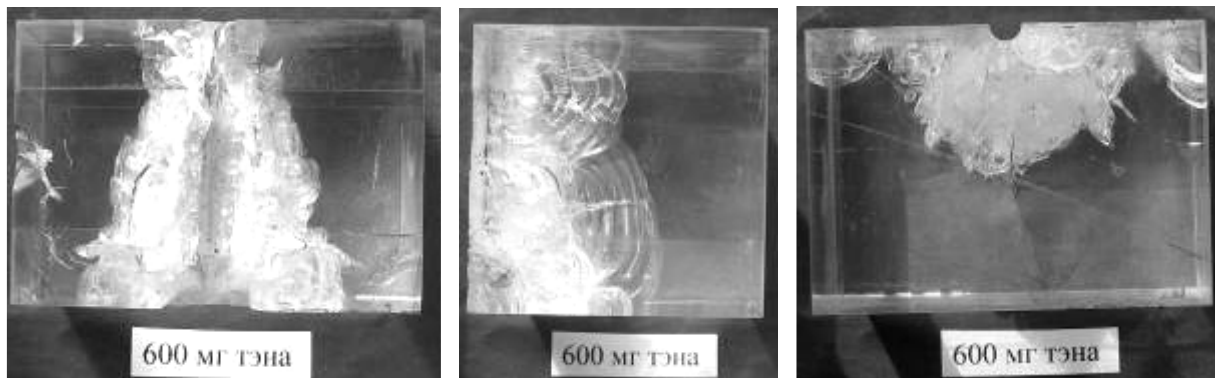


Рисунок 1 – Модель после взрыва накладного заряда без оболочки

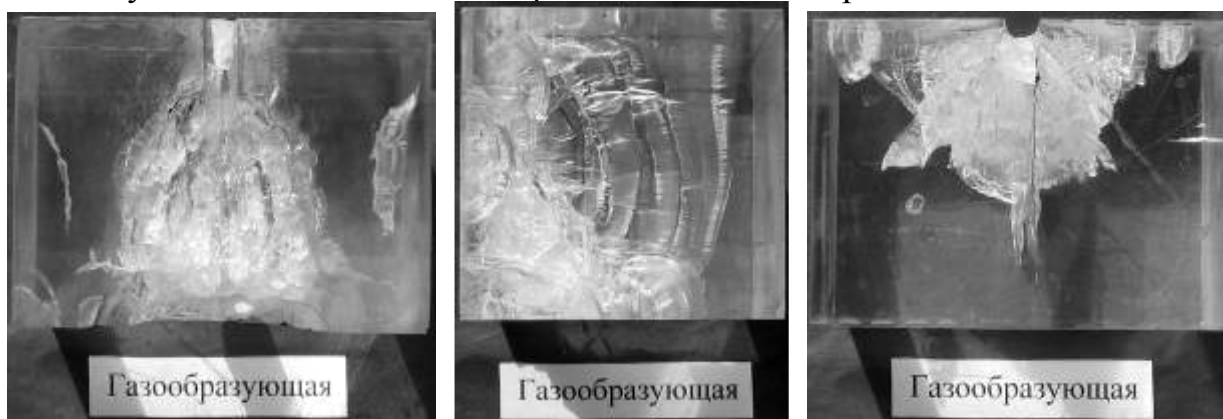


Рисунок 2 – Модель после взрыва накладного заряда с газообразующей добавкой в виде наружной оболочки

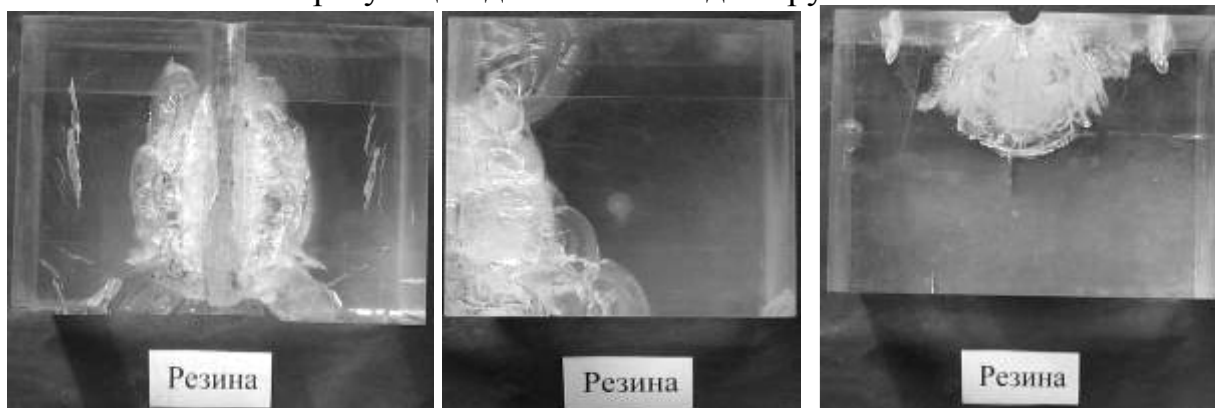


Рисунок 3 – Модель после взрыва накладного заряда с резиновой наружной оболочкой

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Результаты экспериментов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Интенсивность трещинообразования в моделях из оргстекла после взрыва накладного заряда

Длина трещин	Количество трещин, шт.		
	Заряд без оболочки	Заряд ВВ с газообразующей оболочкой	Заряд ВВ с резиновой оболочкой
3–10 мм (короткие)	41–52	32–41	21–25
10–30 мм (средние)	15–22	21–25	11–15
30–55 мм (длинные)	3–5	6–9	1–2

Таблица 2 – Размеры зон разрушения и трещинообразования в моделях из оргстекла после взрыва накладного заряда

Зона импульсного воздействия	Размеры зон трещинообразования, мм		
	Заряд тэна	Заряд тэна с газообразующей оболочкой	Заряд тэна с резиновой оболочкой
Зона разрушения	2–4	3–5	1–2
Зона интенсивного трещинообразования	3–17	4–31	2–11
Зона трещинообразования	18–39	32–56	12–31

Из табл. 1, 2 видно, что при использовании газообразующей оболочки уменьшается число коротких трещин и увеличивается число длинных (по сравнению со сплошным зарядом тэна). Так, например, при взрыве сплошного заряда тэна образовались 41–52 шт. коротких трещин, в то время как с газообразующей оболочкой коротких трещин образовалось 32–41 шт. Резиновая оболочка еще больше снижает бризантное воздействие заряда на среду, уменьшая число коротких трещин до 21–25 шт. Количество длинных трещин для заряда с газообразующей оболочкой, наоборот, возрастает до 6–9 шт. по сравнению с 3–5 шт. у сплошного заряда тэна. Заряд тэна с резиновой оболочкой образовал всего 1–2 длинные трещины, что подтверждает теорию развития трещин за счет расклинивающего действия продуктов детонации.

**ВЫВОДЫ.** Проведенные эксперименты свидетельствуют о том, что, несмотря на минимальное воздействие ПД на разрушаемую среду при взрыве накладного заряда, газообразующая добавка значительно усилила развитие длинных трещин, хотя наблюдалось некоторое уменьшение бризантного воздействия по сравнению со сплошным зарядом тэна. Минимальное число длинных трещин в заряде с резиновой оболочкой подтверждает, что развитие трещин происходит в основном за счет расклинивающего действия ПД.

ЛИТЕРАТУРА

1. О влиянии параметров смесового заряда на эффективность взрыва в грунтах. / В.В. Воробьев, В.Н. Долударев, А.М. Пеев // Проблемы создания новых машин и технологий. – Кременчуг, 1998. – Вып. 2. – С. 239–240.
2. Долударев В.Н. Исследование характера действия смесового заряда в сыпучей среде // Проблемы создания новых машин и технологий: научные труды Кременчугского государственного политехнического института. – Кременчуг, 2000. – № 8. – Вып. 1. – С. 514.
3. Теоретический анализ изменения давления продуктов детонации смесового заряда / В.В. Воробьев, В.Н. Долударев // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 4/2009 (57), част. 2. – С. 106–110.
4. О влиянии конструкции рассредоточенного заряда на переизмельчение скальных пород при взрыве / В.В. Костин, Л.Д. Воробьева, В.Н. Долударев // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вип. 6/2005 (35). – С. 139–140.
5. О влиянии конструкции удлиненного заряда ВВ на выход переизмельченных фракций при разрушении горных пород / В.В. Воробьев, В.Н. Долударев, А.М. Пеев, М.В. Помазан // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 6/2006 (41), часть 1. – С. 82–84.
6. Долударев В.Н. О влиянии газообразующего энергоактивного компонента в заряде на эффективность взрывного дробления твердых сред // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 4/2004 (27). – С. 142–144.
7. Долударев В.Н. Влияние различных прослоек между зарядом и нагружаемой средой на ее деформацию при взрыве // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 2 (12). – С. 57–62.

**INFLUENCE OF CYLINDRICAL SHELLS OF OVERHEAD CHARGES  
ON CRACKING IN SOLIDS**

**V. Doludarev**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

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

Overgrinding of medium during the extraction of nonmetallic rocks is undesirable as well as output of oversized fractions. At the same time the brisance of high explosives is one of the main characteristics, which directly influence on rocks overgrinding in the near-to-charge zone. Reducing of brisance effect on loaded medium is made by placing of various inert materials at the interface between HE and rocks. But together with the reduction of overgrinding in proximal to the charge area reduces the overall energy of the charge, which leads to a reduction of the intensity of cleavage at the

middle and far zones and, consequently, to increasing the yield of oversize. This can be avoided by placing energy active blowing agents (knock-free powder, waste solid propellants, etc.) in explosive charge in the form of shell. Such materials at an initial stage of the explosion use part of the explosives energy for their ignition and thereby reduce the medium overgrinding in proximal to the charge area. Subsequently, the energy-active additive releases energy in the process of its burning, which contributes to the fragmentation strengthening in the middle and far zones, making the process of grinding medium more uniform.

**Key words:** brisance impact, shell, blowing agent, cracking.

#### REFERENCES

1. Vorobyov, V.V., Doludarev, V.N., Pejev, A.M. (1998), "On the influence of the parameters of the mix charge on the efficiency of the explosion in soils", *Problemy sozdaniya novyh mashyn i tehnologij*, vol. 2, pp. 239–240.
2. Doludarev, V.N. (2000), "Study of the mode of action of the mix charge in granular medium", *Problemy sozdaniya novyh mashyn i tehnologij. Nauchnie trudy Kremenchugskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo instituta*, vol. 1, no8, pp. 514.
3. Vorobyov, V.V., Doludarev, V.N. (2009), "Theoretical analysis of the change in pressure of the detonation products of the mix charge", *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskogo. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 4, part 2, no. 57, pp. 106-110.
4. Kostin, V.V., Vorobyova, L.D., Doludarev, V.N. (2005), "On the influence of distributed charge on the design of overgrinding rocks in the explosion", *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskogo. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 6, no. 35, pp. 139–140.
5. Vorobyov, V.V., Doludarev, V.N., Pejev, A.M., Pomazan, M.V. (2006), "On the influence of the construction of elongated explosive charge to the output of overgrinding fractions in rock failure", *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 6, part 1, no. 41, pp. 82–84.
6. Doludarev, V.N. (2004), "On the effect of blowing power-active component in the charge on the effectiveness of the explosive fragmentation of solid media", *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 4, no. 27, pp.142–144.
7. Doludarev, V.N. (2013), "Influence of different interlayers between the charge and loading medium on its deformation at explosion", *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnychogo vyrobnytstva*, vol. 2, no. 12, pp. 57–62.

Статья надійшла 30.04.2014.