

**С.А. ГОРИНОВ  
И.Ю. МАСЛОВ**

**ОБОСНОВАНИЕ  
ДЕТОНАЦИОННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК  
ВЗРЫВЧАТОГО  
ВЕЩЕСТВА  
ПРИ ТОРПЕДИРОВАНИИ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ  
СКВАЖИН**

**ГОРНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННО-  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ  
БЮЛЛЕТЕНЬ № 9  
СПЕЦИАЛЬНЫЙ  
ВЫПУСК 34**



**ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ГОРНАЯ КНИГА»**

С.А. Горинов  
И.Ю. Маслов

**ОБОСНОВАНИЕ  
ДЕТОНАЦИОННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК  
ВЗРЫВЧАТОГО  
ВЕЩЕСТВА  
ПРИ ТОРПЕДИРОВАНИИ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ  
СКВАЖИН**

ГОРНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННО-  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ  
БЮЛЛЕТЕНЬ № 9  
СПЕЦИАЛЬНЫЙ  
ВЫПУСК 34



МОСКВА  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ГОРНАЯ КНИГА»  
2015

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253-03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.14

Горинев С.А., Маслов И.Ю.

Г 69 Обоснование детонационных характеристик взрывчатого вещества при торпедировании нефтегазовых скважин. Отдельные статьи: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2015. — № 9 (специальный выпуск 34). — 16 с. — М.: Издательство «Горная книга»

ISSN 0236-1493

Показано, что применение термостойких взрывчатых веществ (ВВ) с пониженными детонационными показателями, позволяет получать урожайства для одновременного перфорирования обсадных труб и торпедирования скважин. Представлена методика определения детонационных параметров ВВ для использования их в устройстве для одновременного перфорирования обсадных труб и торпедирования скважин.

Ключевые слова: торпедирование скважин, детонационные параметры ВВ.

УДК 662.217

ISSN 0236-1493

© С.А. Горинев, И.Ю. Маслов, 2015  
© Издательство «Горная книга», 2015  
© Дизайн книги. Издательство «Горная книга», 2015

## ОБОСНОВАНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ТОРПЕДИРОВАНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Показано, что применение термостойких взрывчатых веществ (ВВ) с пониженными детонационными показателями, позволяет получать урожайства для одновременного перфорирования обсадных труб и торпедирования скважин. Представлена методика определения детонационных параметров ВВ для использования их в устройстве для одновременного перфорирования обсадных труб и торпедирования скважин.

Ключевые слова: торпедирование скважин, детонационные параметры ВВ.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Применение торпедирования скважин для увеличения дебита из продуктивных пластов является распространённой технологической операцией при скважинной добыче жидких и газообразных полезных ископаемых [1, 2]. Как правило, торпедирование скважин осуществляют после предварительной перфорации обсадных труб [2, 3].

В целях повышения эффективности работ по увеличению продуктивности скважин применяются различные варианты выполнения технологических операций, направленных на увеличение дебита, за одну операцию «спуск-подъём». Согласно [3] отнесение диаметра торпедирующего заряда к внутреннему диаметру скважины в месте размещения торпеды составляет 0,25—0,35. Однако если осуществлять операции по перфорации обсадных труб и торпедированию за одну спускоподъёмную операцию, то данное отношение существенно возрастает. Поэтому в данном случае для обеспечения необходимого воздействия на призабойную часть продуктивного пласта при сохранении скважинной колонны в работоспособном состоянии необходимо применять взрывчатые вещества, которые помимо свойств термостойкости [1, 2, 4], удовлетворяют также определенным требованиям к детонационным параметрам.

В работе [5] приводится оценка величины зоны разрушения в напряженной горной породе при взрыве цилиндрического заряда

ВВ при гидродинамическом разрыве пластов горных пород. При этом полагается, что «давление во взрывной полости мгновенно возрастает до максимума и поддерживается в течение времени, достаточного для завершения деформационных процессов». Данное решение не позволяет решить задачу обоснования параметров взрывчатых веществ, применяемых для торпедирования скважин, при условии сохранения скважинной колонны в работоспособном состоянии, т.к. в нем не учитывается изменение давления в продуктах взрыва при их расширении в процессе деформирования жидкости, окружающей заряд, обсадной трубы и разрушения горных пород, окружающих скважину.

В настоящей работе приводится обоснование требований к детонационным параметрам ВВ, используемого для создания торпедирующего заряда, в зависимости от наружного и внутреннего диаметров заряда, наружного и внутреннего диаметров обсадной трубы, механических свойств материала обсадной трубы и окружающих горных пород (зацементированного затрубного пространства), ударной адиабаты жидкости, заполняющей скважину в момент осуществления операции и др. Данные обстоятельства делают данное исследование актуальным.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Рассмотрим следующую конструкцию устройства для одновременного осуществления перфорирования обсадной трубы и торпедирования скважины. Заряд представляет собой герметически закрытую с двух сторон трубу с гнездами для размещения кумулятивных зарядов. Вдоль оси указанной трубы в промежутках между кумулятивными зарядами расположены трубки небольшого диаметра, в которых размещаются средства передачи импульса к взрывателям кумулятивных зарядов. Оставшееся пространство внутри большой трубы заполняется взрывчатым веществом, параметры которого необходимо определить.

Введем обозначения:

$d_1, d_2$  — внутренний и наружный диаметр заряда;

$d_3, d_4$  — внутренний и наружный диаметр обсадной трубы;

$\rho_{ж}, c_{ж}, n$  — плотность, скорость звука и показатель в ударной адиабате (закон сжимаемости Тэта) жидкости, заполняющей скважину в момент осуществления операции;  $P_s, k$  — начальное

давление и коэффициент политропы ВВ, используемого для создания торпедирующего заряда;

$P_h$  — горное давление в законурном массиве;

$\sigma_p, \sigma_s, C$  — предел прочности на разрыв, одноосное сжатие и сцепление горной породы;  $\phi$  — угол внутреннего трения горной породы;

$\mu, \nu$  — модуль сдвига и коэффициент Пуассона горной породы;  $\sigma_T, \varepsilon_s$  — предел текучести и допустимое относительное удлинение материала обсадной трубы.

Положим, что расширение взрывных газов описывается политропической зависимостью с коэффициентом политропы  $k$  [6], а динамическое деформирование жидкости, заполняющей скважину, законом Тэта.

Тогда отношение радиуса газового пузыря в момент окончания роста к внешнему радиусу заряда  $z$  определяется из уравнения

$$P_{ж} = \frac{\rho_{ж} c_{ж}^2}{n} \left[ \left( \frac{\lambda_{32}^2 - 1}{\lambda_{32}^2 + 2\varepsilon_s \lambda_{42}^2 - z^2} \right)^n - 1 \right] = P_s \left( \frac{1 - \lambda_{12}^2}{z^2 - \lambda_{12}^2} \right)^k,$$

где  $\lambda_{12} = \frac{d_1}{d_2}$ ;  $\lambda_{32} = \frac{d_3}{d_2}$ ;  $\lambda_{42} = \frac{d_4}{d_2}$ ;  $P_{ж}$  — давление взрывных газов в газовом пузыре.

Радиальное давление  $P(\varepsilon_s)$  на границе «внешняя поверхность обсадной трубы - зацементированное затрубное пространство» при этом будет равно:

$$P(\varepsilon_s) = \frac{P_{ж}}{1 + \varepsilon_s} \sqrt{\lambda_{34}^2 + 2\varepsilon_s} - \left( 1 - \frac{\sqrt{\lambda_{34}^2 + 2\varepsilon_s}}{1 + \varepsilon_s} \right) \sigma_T, \text{ где } \lambda_{34} = \frac{d_3}{d_4}.$$

Сшивка решений (на основании зонной теории разрушения при камуфлетном взрыве заряда в горной породе [7-9]) на границе зоны сдвиговой деформации горной породы и радиальных трещин в этой породе дает следующее уравнение:

$$\frac{\varepsilon_s}{(1 + \varepsilon_s)^2} \left( \frac{C c_{ж} \phi + \sigma_{сж} + P_h}{P(\varepsilon_s) + P_h + C c_{ж} \phi} \right)^{\frac{1 + \sin \phi}{2 \sin \phi}} \approx \frac{1}{2\mu} \sqrt{\frac{\sigma_{сж} + P_h}{\sigma_p + 2P_h}} \times$$

$$\left[ \begin{aligned} & \sigma_{сж} + P_h \frac{2 \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} - 2P_h (1 - \nu) \sqrt{\frac{\sigma_{сж} + P_h}{\sigma_p + 2P_h} \frac{2 \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} \\ & \times \left[ \sigma_{сж} + P_h \frac{2 \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} - 2P_h (1 - \nu) \sqrt{\frac{\sigma_{сж} + P_h}{\sigma_p + 2P_h} \frac{2 \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} \right] \end{aligned} \right.$$

Согласование полученных выражений возможно при определенных значениях  $P_h$  и  $k$ . Это предельные требования к детонационным характеристикам ВВ для торпедирования скважины с точки зрения сохранения целостности скважины от возникновения продольных трещин.

Для предохранения разрыва става обсадных труб от поперечного разрыва величина заряда  $m_{зар}$  должна ограничиваться величиной  $m_{зар} \leq m_* Q_{зар}^{-1}$ , где  $m_*$  — предельная масса тротилового заряда;  $Q_{зар}$  — удельная теплота взрыва тротила и рассматриваемого ВВ.

В случае кумулятивной перфорации из условия «срабатывания» кумулятивных зарядов к моменту подхода к ним детонационной волны, распространяющейся по торпедирующему заряду, следует ограничение на скорость детонации  $D_x$  в ВВ, используемом для создания торпедирующего заряда:

$$D_x \leq D_{шт} \left( 1 + \frac{2d_2}{L_* - d_{к.з.}} \cdot \frac{D_{шт}}{D_{к.з.}} \right)^{-1},$$

где  $D_{к.з.}$ ,  $D_{шт}$  — скорости детонации в ВВ кумулятивного заряда и детонирующем шнуре, соответственно;  $L_*$  — расстояние между кумулятивными зарядами по длине устройства;  $d_{к.з.}$  — диаметр кумулятивного заряда.

Для примера сравним традиционный способ торпедирования скважины с предлагаемым способом.

Положим, что среда имеет следующие механические свойства:  $\sigma_p = 10$  МПа,  $\sigma_* = 100$  МПа,  $C = 30$  МПа;  $\varphi = 20^\circ$ ;  $\mu = 20$  ГПа,  $\nu = 0,4$ .

Свойства жидкости, заполняющей скважину:  $\rho_{ж} = 1500$  кг/м<sup>3</sup>,  $c_{ж} = 2100$  м/с,  $n = 7$ .

Параметры обсадной трубы:  $d_3 = 0,16$  м,  $d_4 = 0,18$  м,  $\sigma_T = 500$  МПа,  $\varepsilon < 0,15$ .

Параметры традиционного ВВ:  $D_1 = 7500$  м/с,  $\rho_1 = 1600$  кг/м<sup>3</sup>,  $k = 3,4$ .

Внутренний и наружный диаметр традиционного заряда:  $d_1 = 0$ ,  $d_2 = 0,05$  м.

Параметры ВВ при увеличенных поперечных размерах торпедирующего заряда (при совмещении операций перфорации и торпедирования):  $D_1 = 2100$  м/с,  $\rho_1 = 1100$  кг/м<sup>3</sup>,  $k = 2,0$ .

Внутренний и наружный диаметр заряда в новом устройстве:  $d_1 = 0,04$  м,  $d_2 = 0,10$  м.

На рис. 1 представлены зависимости радиусов зоны радиальных трещин от величины литостатического давления при торпедировании скважины традиционным и предлагаемым способом.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 1, показывает, что применение термостойких ВВ с пониженными детонационными показателями, позволяет получить устройства для одновременного перфорирования обсадных труб и торпедирования скважин. При этом в области значений литостатического давления, представляющих

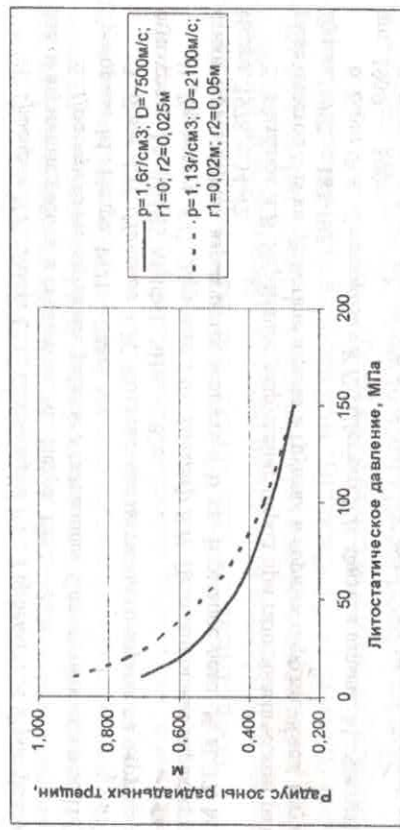


Рис. 1. Зависимость радиуса зоны радиальных трещин вокруг скважины при торпедировании традиционным ВВ (сплошная линия) и предлагаемым ВВ (пунктирная линия) от величины литостатического давления (характеристики скважины и горных пород приведены в тексте)

наибольший практический интерес, значение радиуса зоны радиальных трещин вокруг скважины при торпедировании предельно-большим способом превосходит аналогичную величину при традиционном торпедировании.

**ВЫВОДЫ.** Показано, что применение термостойких ВВ с пониженными детонационными показателями, позволяет получить устройства для одновременного перфорирования обсадных труб и торпедирования скважин.

Разработана методика определения детонационных параметров ВВ для использования их при одновременном перфорировании обсадных труб и торпедирования скважин.

Дополнительные исследования показали возможность получения термостойких взрывчатых веществ, удовлетворяющих установленным в работе требованиям в широком диапазоне физико-механических свойств горных пород, значений горного давления и соотношений геометрических параметров заряда и обсадной трубы. Однако освещение данного вопроса выходит за пределы вопросов настоящей работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорян Н.Г., Ловля С.А., Шахназаров Г.Г., Горбенко Г.А. Прострелочные и взрывные работы в скважинах. М.: Недра, 1992. – 303с.
2. Прострелочно-взрывные работы в скважинах. Справочник под ред. Н.Г. Григоряна. М.: Недра, 1971. – 248с.
3. Бовт А.Н., Низамов А.Ж. Воздействие подземного взрыва на окружающую среду. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 332с.
4. Держасавец А.С., Зарубина З.Ф., Шехтер Б.И. Детонационные характеристики термостойких взрывчатых веществ // В кн. Взрывное дело, № 80/37. М.: Недра, 1978, с.34-42.
5. Михалюк А.В. Первичное разрушение пород при газодинамическом разрыве пластов // В кн. Действие взрыва в грунтах и горных породах. Киев, Наук. Думка, 1982, с.183-195.
6. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. М.: Физматлит, 1959. — 800с.
7. Родионов В.Н., Аудикин В.В., Косточенко В.Н. и др. Механический эффект подземного взрыва. М.: Недра, 1971. 224с.
8. Мартынюк П.А., Шер Е.Н. Оценка размеров зоны радиальных трещин, образующихся при камуфлетном взрыве шнурового заряда в хрупкой среде. // Журнал прикл. мех. и техн. физики. 1984 № 4. С.127-132.

9. Маслов И.Ю., Горинев С.А., Брагин П.А. Оценка величины эффективного импульса, передаваемого скальной горной породе при взрыве цилиндрического заряда на стадии динамического расширения // Труды XV международной научно-практической конференции по взрывному делу. Ялта, Крым, 06.09 – 12.09.2015 г.

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Горинев Сергей Александрович – кандидат технических наук, akaz2006@yandex.ru,

Маслов Илья Юрьевич – кандидат технических наук, ilmaslov@mail.ru, ООО «Глобал Майнинг Эксплозив-Раша».

УДК 662.217

© S.A. Gorinov, I.Y. Maslov, 2015

## JUSTIFICATION OF DETONATION CHARACTERISTICS OF EXPLOSIVES IN OIL AND GAS WELL SHOOTING

*In this study, it was shown that the use of heat resistant explosives with degraded detonation characteristics allows obtaining setups for simultaneous casing pipes perforation and well shooting. A method is provided for determination of detonation parameters of explosives for their use in the setup for simultaneous casing pipes perforation and well shooting.*

*Key words: well shooting, detonation characteristics of explosives.*

**TIMELINESS OF THE STUDY.** The use of well shooting for increase of production from payout beds is a widespread working operation in the process of borehole production of liquid and gaseous mineral resources [1, 2]. Generally, well shooting is performed after preliminary perforation of casing pipes [2, 3].

In order to boost the efficiency of works on well deliverability increase, various options are used for execution of working operations that are focused on increase of production per one round-trip operation. According to [3], the ratio of the shooting charge diameter to the internal well diameter at the location of high-pressure charge equals to

0.25-0.35. However, if operations on well shooting and casing pipes perforation are executed in one round-trip operation, then such ratio increases materially. So in this case, in order to provide the necessary effect on the bottom-hole area of a payout bed and to keep the well's column in serviceable condition, it is necessary to use explosives that meet certain requirements to detonation parameters besides having heat resistant properties.

In study [5], evaluation is given for destruction area magnitude in a stressed rock formation during the blast of cylindrical explosive charge at hydrodynamic rock formation fracturing. At that, it is assumed that «pressure in the explosion chamber immediately increases to the maximum, and it is supported during the time sufficient for completion of detonation processes». This solution does not allow solving the task to justify parameters of explosives used for well shooting upon condition of preservation of serviceable state of the well's column, since it does not take account for alteration of pressure in explosion products during their expansion in the process of deformation of the liquid surrounding the charge and the casing pipe, and destruction of rock formations surrounding the well.

In this study, the justification is given for detonation parameters of an explosive used for creation of shooting charge depending on the external and internal charge diameters, the external and internal casing pipe diameters, mechanical properties of the casing pipe's material and surrounding rock formations (cemented annulus), Hugoniot adiabat of the liquid filling the well at the moment of operation execution, etc. These circumstances are the reason why this study is currently important.

**STUDY RESULTS.** Let's consider the following design of a setup for simultaneous casing pipes perforation and well shooting. The charge is represented by a pipe hermetically sealed from both sides, with sockets for placement of jet charges. Along the axis of this pipe, in the intervals between jet charges, there are small diameter tubes, in which means for momentum transfer to the initiators of jet charges are located. The remaining space within the large pipe is filled with the explosive, parameters of which are to be determined.

Let us introduce the following designations:

$d_1, d_2$  - internal and external diameters of the charge;  
 $d_3, d_4$  - internal and external diameters of casing pipe;

$\rho_l, c_l, n$  - density, sound velocity and factor in Hugoniot adiabat (Tait's compressibility law) of liquid filling the well at the moment of operation execution;

$P_s, k$  - initial pressure and polytropic factor of the explosive used to create the shooting charge;

$P_h$  - rock pressure in the step-out massif;

$\sigma_u, \sigma_*, C$  - ultimate tensile strength, uniaxial compression and rock adhesion;  $\varphi$  - angle of internal friction of the rock formation;

$\mu, \nu$  - shear modulus and Poisson's ratio of the rock formation;

$\sigma_T, \varepsilon_*$  - yield point and permissible relative elongation of the casing pipe's material.

Let us assume that expansion of explosive gases is described by polytropic relation with polytropic curve factor  $k$  [6], and dynamic deformation of the liquid filling the well - by Tait's law.

Then, the ratio of gas bubble radius at the moment of growth ending to the external radius of the charge  $z$  is determined from the equation:

$$P_{oe} = \frac{\rho_{oe} \dot{r}_{oe}^2}{n} \left[ \left( \frac{\lambda_{32}^2 - 1}{\lambda_{32}^2 + 2\varepsilon_* \lambda_{42}^2 - z^2} \right)^n - 1 \right] = P_s \left( \frac{1 - \lambda_{12}^2}{z^2 - \lambda_{12}^2} \right)^k,$$

where  $\lambda_{12} = \frac{d_1}{d_2}$ ;  $\lambda_{32} = \frac{d_3}{d_2}$ ;  $\lambda_{42} = \frac{d_4}{d_2}$ ;  $P_l$  - pressure of explosive gases in gas bubble.

At that, radial pressure  $P(\varepsilon_*)$  on the «external surface of casing pipe - cemented annulus» border will be equal to:

$$P(\varepsilon_*) = \frac{P_l}{1 + \varepsilon_*} \sqrt{\lambda_{34}^2 + 2\varepsilon_*} - \left( 1 - \sqrt{\frac{\lambda_{34}^2 + 2\varepsilon_*}{1 + \varepsilon_*}} \right) \sigma_T,$$

where  $\lambda_{34} = \frac{d_3}{d_4}$ .

Sewing the solutions together (based on zone theory of destruction during confined explosion of a charge in a rock formation [7-9]) on the border of shear deformation of the rock formation and radial fractures in this formation gives us the following equation:

Let us assume that the medium has the following mechanical properties:

$$\sigma_u = 10 \text{ MPa}, \sigma_* = 100 \text{ MPa}, C = 30 \text{ MPa}, \varphi = 20^\circ; \mu = 20 \text{ GPa}, \nu = 0,4.$$

Properties of the liquid filling the well:  $\rho_l = 1500 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_l = 2100 \text{ m/s}$ ,  $n = 7$ .

Casing pipe parameters:  $d_3 = 0,16 \text{ m}$ ,  $d_4 = 0,18 \text{ m}$ ,  $\sigma_T = 500 \text{ MPa}$ ,  $\varepsilon_* < 0,15$ .

Parameters of the conventional explosive:  $D_1 = 7500 \text{ m/s}$ ,  $\rho_l = 1600 \text{ kg/m}^3$ ,  $k = 3,4$ .

Internal and external diameters of the conventional charge:  $d_1 = 0$ ,  $d_2 = 0,05 \text{ m}$ .

Parameters of the explosive at increased cross sectional dimensions of the shooting charge (in case of combination of perforation and shooting operations):  $D_1 = 2100 \text{ m/s}$ ,  $\rho_l = 1100 \text{ kg/m}^3$ ,  $k = 2,0$ .

Internal and external diameter of the charge in the new setup:  $d_1 = 0,04 \text{ m}$ ,  $d_2 = 0,10 \text{ m}$

Figure 1 shows the correspondences between the radiuses of radial fracture zone and the value of geostatic pressure during well shooting with the use of the conventional and the proposed methods.

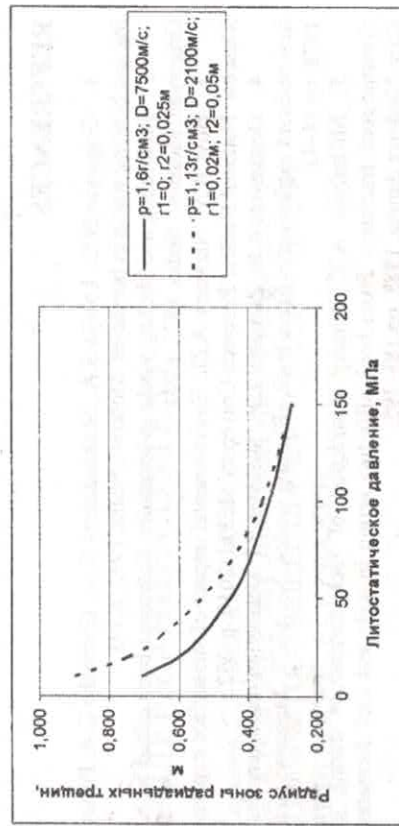


Figure 1. Radius of radial fracture zone around the well at shooting with the conventional explosive (full line) and with the proposed explosive (dashed line) plotted against the value of geostatic pressure (parameters of the well and rock formations are given in the text)

$$\frac{\varepsilon_*}{(1+\varepsilon_*)^2} \left( \frac{Cctg\phi + \sigma_{comp} + P_h}{P(\varepsilon_*) + P_h + Cctg\phi} \right)^{\frac{1+\sin\phi}{2\sin\phi}} \cong \frac{1}{2\mu} \sqrt{\frac{\sigma_{comp} + P_h}{\sigma_u + 2P_h} \frac{2\sin\phi}{1-\sin\phi}} \times \left[ \sigma_{comp} + P_h \frac{2\sin\phi}{1-\sin\phi} - 2P_h(1-\nu) \sqrt{\frac{\sigma_{comp} + P_h}{\sigma_u + 2P_h} \frac{2\sin\phi}{1-\sin\phi}} \right]$$

Concordance of the obtained expressions is possible at certain values of  $P_s$  and  $k$ . These are the margin requirements to detonation characteristics of the explosive for well shooting in the context of well's integrity preservation from occurrence of longitudinal fractures.

In order to preserve the pipe column from cross fractures, the mass of charge  $m_{char}$  must be restricted to  $m_{char} \leq m_* Q_* Q_{char}^{-1}$ , where  $m_*$  – limit mass of TNT charge;  $Q_*$ ,  $Q_{char}$  – specific heats of explosion for TNT and the explosive under study.

In case of jet perforation, the following limitation of detonation velocity  $D_x$  in the explosive used for shooting charge results from the condition of «activation» of jet charges by the moment when detonation wave (propagating along the shooting charge) approaches them:

$$D_x \leq D_w \left( 1 + \frac{2d_2}{L_* - d_{j.c.}} \cdot \frac{D_w}{D_{j.c.}} \right)^{-1}, \text{ where } D_{j.c.}, D_w - \text{velocities of}$$

detonation in the jet charge explosive and detonating wire, respectively;  $L_*$  – distance between jet charges along the length of the setup;  $d_{j.c.}$  – jet charge diameter.

As an example, let's compare the conventional well shooting method with the proposed method.



Analysis of the correspondences given in Figure 1 above demonstrates that the use of heat resistant explosives with degraded detonation characteristics allows obtaining setups for simultaneous casing pipes perforation and well shooting. At that, in the range of values of geostatic pressure (which are of the greatest practical interest), the value of radius of radial fracture area around the well at shooting by means of the proposed method exceeds the same value at conventional shooting.

**CONCLUSIONS** It was demonstrated that the use of heat resistant explosives with degraded detonation characteristics allows obtaining setups for simultaneous perforation of casing pipes and shooting of wells.

A method is developed to determine detonation parameters of explosives for their use in simultaneous perforation of casing pipes and shooting of wells.

Additional studies have demonstrated the possibility to obtain heat resistant explosives complying with the requirements stated in this study within a wide range of physical and mechanical properties of rock formations, values of rock pressure and ratios of geometric parameters of charge to geometric parameters of casing pipe. However, highlighting this issue is beyond the scope of this study.

## REFERENCES

1. Grigoryan N.G., Lovlya S.A., Shakhnazarov G.G., Gorbenco G.A. Perforating and blasting works in boreholes. Moscow: Nedra, 1992. p.303
2. Perforating and blasting works in boreholes. Reference book edited by N.G. Grigoryan. Moscow: Nedra, 1971. p.248
3. Bovt A.N., Nizamov A.Zh. Environmental impact of subsurface explosion. Moscow: National Nuclear Research University MEPhI, 2010. p. 332.
4. Derzhavets A.S., Zarubina Z.F., Shekhter B.I. Detonation characteristics of heat resistant explosives // From book «Blasting work», No. 80/37. Moscow: Nedra, 1978. pp.34-42.
5. Mikhalyuk A.V. Primary destruction of rock formations during gas-dynamic rock fracture // From book «Blasting action in soils and rock formations. Kiev, Naukova dumka, 1982. pp.183-195.
6. Baum F.A., Stanyukovich K.P., Shekhter B.I. Physics of explosion. Moscow: Fizmatlit, 1959, p.800.
7. Rodionov V.N., Adushkin V.V., Kostyuchenko V.N. et.al. Mechanical effect of subsurface explosion. Moscow: Nedra, 1971. p. 224.

8. Martynyuk P.A., Sher E.N. Evaluation of dimensions of radial fracture zone occurring at confined explosion of cord charge in brittle medium. // Journal of applied mechanics and technical physics. 1984. No.4. pp. 127-132.

9. Maslov I.Y., Gorinov S.A., Bragin P.A. Evaluation of value of effective impulse transmitted to a rock formation during explosion of a cylindrical charge at dynamic expansion stage // Proceedings of the XV International Research and Practice Conference on Blasting work. Yalta, Crimea, September 6-12, 2015.

## ABOUT AUTHORS

*Gorinov S.A.*, Candidate of Technical Sciences, akaz2006@yandex.ru,

*Maslov I.Y.*, Candidate of Technical Sciences, ilmaslov@mail.ru,  
Global Mining Explosive-Russia LLC.

## СОДЕРЖАНИЕ/CONTENT

*Горинов С.А., Маслов И.Ю.*

ОБОСНОВАНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ТОРПЕДИРОВАНИИ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН.....3

*Gorinov S.A., Maslov I.Y.*

JUSTIFICATION OF DETONATION CHARACTERISTICS  
OF EXPLOSIVES IN OIL AND GAS WELL SHOOTING.....9

**С.А. Горинов  
И.Ю. Маслов**

**ОБОСНОВАНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВЗРЫВЧАТОГО  
ВЕЩЕСТВА ПРИ ТОРПЕДИРОВАНИИ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

Горный информационно-аналитический  
бюллетень (научно-технический журнал) № 9  
(специальный выпуск 34). Отдельные статьи

Режим выпуска «молния»

*Выдвинуто в авторской редакции*

Компьютерная верстка и подготовка  
оригинал-макета *И.А. Вершинина*  
Дизайн обложки *О.Ю. Долгошьева*  
Зав. производством *Н.Д. Урбушина*  
Полиграфическое производство *Л.Н. Файнгор*

Подписано в печать 22.07.15. Формат 60х90/16.  
Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Times».  
Печать трафаретная на цифровом дупликаторе.  
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 500 экз. Изд. № 2949

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»**

Отпечатано в типографии  
издательства «Горная книга»

119049 Москва, ГСП-1,  
Ленинский проспект, 6, издательство «Горная книга»  
Телефон (499) 230-27-80; факс (499) 956-90-40;  
тел./факс (495) 737-32-65

