

РАЗРАБОТКА ГРАММОТОЛА 1-1 ДЛЯ ЗАМЕНЫ ТРОТИЛСОДЕРЖАЩИХ ГРАММОНИТОВ

С.А. Калякин, д.т.н., проф., Н.А. Новикова, инж.

Донецкий национальный технический университет

83000, г. Донецк, ул. Артема, д. 58. E-mail: yglenit@gmail.com

Донецкий казенный завод химических изделий, г. Донецк. Email: yglenit@gmail.com

Дано развитие нового типа гранулированных взрывчатых веществ, имеющих высокую детонационную способность и работоспособность. Модернизация тротилсодержащих грамммотолов позволила разработать и внедрить в производство новый грамммотол 1-1.

Ключевые слова: аммотол, детонационная способность, скорость детонации, гранулированное ВВ.

РОЗРОБКА ГРАММОТОЛУ 1-1 ДЛЯ ЗАМІНИ ТРОТИЛІМІСТЯЧИХ ГРАММОНІТІВ

С.О. Калякін, Н.О. д.т.н., проф., Новікова, інж.

Донецький національний технічний університет

83000, м. Донецьк, вул. Артема, буд. 58. E-mail: yglenit@gmail.com

Донецький казенний завод хімічних виробів, м. Донецьк. Email: yglenit@gmail.com

Надано розвиток нового типу гранульованих вибухових речовин, які мають високу детонаційну спроможність і дієздатність. Модернізація граммотолів, у яких міститься тротил, дозволила розробити та впровадити у виробництво новий грамммотол 1-1.

Ключеві слова: аммотол, детонаційні властивості, швидкість детонації, гранульована ВР.

DEVELOPING OF GRAMMOTOL 1-1 FOR THE CHANGING OF THE THROTIL-CONTAINES GRAMMONITES

S.A. Kalyakin, N.A., D.Tech. Prof., Novikova, eng.

Donetsk State Technical University

83000, Donetsk, Artyma str., 58. E-mail: yglenit@gmail.com

Donetsk government plant of chemical products, Donetsk. Email: yglenit@gmail.com

The development of new type of granulated explosives which have high detonation ability and workness, are given in this article. The modernization of trotyl-content grammotols allowed to develop and to embed the new grammotol 1-1.

Keywords: ammotol, detonation' ability, speed of detonation, granulated explosives.

Введение. На открытых и подземных работах для разрушения горных пород широко применяются гранулированные взрывчатые вещества (ГВВ) [1]. Наряду с первым простейшим гранулированным ВВ, получившим название игданит, который изготавливают на местах ведения взрывных работ разработаны и применяются на основе гранулированной аммиачной селитры два типа гранулированных ВВ заводского изготовления: гранулиты и граммониты.

Для взрывания крепких горных пород скважинными и шпуровыми зарядами, заряжаемыми в подземных выработках механизированным способом необходимо постоянное совершенствование ГВВ с целью улучшения впитывающей способности гранул аммиачной селитры, повышения физико-химической стабильности ВВ при хранении и их пневмозарядании.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что в состав гранулитов наряду с индустриальным маслом введены твердодисперсные опудривающие материалы, древесная мука и алюминиевая пудра. Производство пористой селитры позволило осуществить изготовление гранулита марки М, который по составу и содержанию жид-

кого нефтепродукта не отличается от обычного состава игданита. Иной состав и взрывчатые свойства имеют граммониты. В их рецептуре в качестве сенсibiliзатора и горючего используется чешуированный или гранулированный тротил, благодаря которому граммониты отличаются повышенной детонационной способностью, особенно в увлажненном состоянии. Наиболее широко применяются граммониты 79/21, 50/50 и 30/70 (первая цифра указывает содержание гранулированной аммиачной селитры). Наряду с граммонитами холодного смешения находят применение их марки, получаемые от технологии «горячего» смешения, которые отличаются хорошей однородностью состава, превосходной сыпучестью, водостойчивостью и стабильностью своих свойств. Однако при пневмозарядании они пылят, а пыль тротила оказывает сильное токсическое действие на людей.

Важнейшей характеристикой игданита и гранулита, содержащих в составе жидкий нефтепродукт является детонационная способность ГВВ, которая зависит от пористости, однородности, постоянства состава, влажности гранул и технологии изготовления. Они довольно чувствительны к вла-

ге, легко поглощают воду, которая вытесняет из гранул жидкий нефтепродукт и приводит к резкому снижению детонационной способности ГВВ.

Поэтому основными направлениями совершенствования граммонитов и гранулитов являются с одной стороны снижение и отказ от применения в их составе дорогого и токсичного тротила, а с другой – повышение детонационной способности ГВВ и эффективности их применения при взрывных работах. Реализация этих направлений позволит значительно повысить эффективность и безопасность взрывных работ при применении ГВВ.

Целью работы является разработка граммотола для замены тротилсодержащих граммонитов, ГВВ обладающего более высокой детонационной способностью, чем гранулиты.

Материалы и результаты исследований. Отсутствие производства пористой аммиачной селитры в Украине заставило проводить работы по совершенствованию ГВВ сразу по нескольким направлениям. Первое – разработка граммонитов с уменьшенным содержанием тротила. Они получили название граммотола – в них содержание тротила и дизельного топлива (индустриального масла) варьировалось в довольно широких пределах: тротила от 20 до 5%, жидкого нефтепродукта от 1 до 4,2% (ТУ У 24.6-14311844-008-2003). Эти ГВВ представляли собой сыпучую механическую смесь, пропитанных дизельным топливом гранул аммиачной селитры и гранул (чешуек) гранулолола или тротила. При испытании этих ГВВ оказалось, что граммотол 20-1 практически соответствует граммониту 79/21 как по детонационным параметрам: критический диаметр детонации 80 мм, скорость детонации в заряде диаметром 100 мм равна 3,2 км/с, так и по работоспособности. В свою очередь граммотол 5-1 мало чем отличался от гранулита М, хотя и содержал 5% тротила, его критический диаметр детонации составил 120 мм, а скорость детонации в диаметре 150 мм составила 2,6...2,8 км/с. Таким образом оказалось, что частичная замена тротила на дизельное топливо в граммотолах не приводит к заметным преимуществам у этих ГВВ при сравнении их с граммонитом 79/21 или гранулитом М.

Следующим интересным направлением совершенствования ГВВ является технология производства игданита высокого давления ИВД-5, которая предложена член-корр. НАН Украины, д.т.н., проф. Э.И. Ефремовым [2]. Игданит высокого давления ИВД-5 имеет несомненные преимущества, как по детонационной способности, так и по работоспособности перед игданитом обычной технологии и гранулитом М, и по этим показателям практически соответствует граммониту 79/21. Достижение столь высоких детонационных свойств у игданита ИВД-5 обеспечивается благодаря созданию в процессе его изготовления дополнительной пористости гранул аммиачной селитры путем их подогрева до образования в них микротрещин и вдавливания в эти микротрещины дизельного топлива под давлением сжатого воздуха. После остывания селитры микротрещины закрываются и ди-

зельное топливо капсулируется в гранулах. В результате критический диаметр детонации открытого заряда этого ГВВ составляет около 70 мм, а скорость детонации у открытого заряда равна 3,4 км/с в заряде диаметром 100 мм. Вместе с тем изготовление такого игданита требует специального оборудования, и выполнение специальной технологии изготовления.

Еще одним направлением, реализованным при разработке простейших ГВВ, является технология смешивания рядовой гранулированной аммиачной селитры (ГОСТ 2-85) и топливной эмульсии, приготовленной специально по особому регламенту [3]. Структура топливной эмульсии представляет собой масло в воде. Микрочастицы данной эмульсии имеют оболочку из водного концентрированного раствора NH_4NO_3 и карбамида, и внутреннюю дисперсную фазу из жидкого нефтепродукта и эмульгатора. При смешении такой эмульсии с гранулами селитры дисперсная фаза, состоящая из жидкого нефтепродукта, за счет капиллярного эффекта через микropоры и микротрещины проникает в внутрь гранул. При этом на обычных гранулах непористой селитры может удерживаться до 7,5% водомасляной эмульсии, что достаточно для создания эффективных гранулированных ГВВ. ГВВ такого типа получили название гранулит УРП. Он обладает гораздо более высокой детонационной способностью, чем гранулит М и игданит: критический диаметр детонации открытого заряда составляет 70 мм, скорость детонации в открытом заряде диаметром 120 мм 2,4...2,6 км/с. Однако гранулит УРП уступает по детонационной способности и работоспособности граммониту 79/21. Таким образом, на основании анализа современного производства ГВВ в Украине можно сделать вывод, что простейшие ГВВ совершенствуются как в направлении изменения их рецептурного состава, так и в отношении регламента и технологии производства.

Все вновь разработанные и созданные ГВВ гораздо эффективней игданита и гранулита М, по ряду показателей взрывчатых свойств и работоспособности, но уступают граммониту 79/21.

При разработке ГВВ по детонационным свойствам и работоспособности подобных граммониту 79/21, было предложено модернизировать граммотол, заменив в их составе тротил на низкопроцентный амматол весьма тонкой обработки. Амматол предназначался для опудривания гранул аммиачной селитры, так как это делается при производстве гранулита М. Применение низкопроцентного тонко обработанного амматола в составе граммотола, позволила решить целый ряд технологических и эксплуатационных задач, повышающих детонационные свойства ГВВ, работоспособность и улучшающих его химико-физическую стабильность и водоустойчивость.

Для выбора соотношения между гранулированной фазой ГВВ, амматолом и жидким нефтепродуктом были изготовлены в условиях, имеющегося производства на заводе ДКЗХИ опытные составы. Они были исследованы по целому ряду

показателей, характеризующих детонационную способность и работоспособность ГВВ. На первом этапе исследований для установления взрывчатых и детонационных свойств ГВВ была использована методика Plate dent test, которая предусматривала взрыв заряда ГВВ на стальной плите (лист 500x500x8 мм), уложенной на деревянные бруски. По результатам разрушения стальной плиты при взрыве опытных ГВВ и сравнения их с эталоном – граммонитом 79/21, судили о детонационной способности испытуемого состава ГВВ и его восприимчивости к детонации. Размеры разрушения плиты позволяли также делать вывод и о работоспособности ВВ. Во всех случаях взрывали заряды ГВВ диаметром от 50 мм до 130 мм, массой 0,5...8,0 кг

патроном аммонита № 6ЖВ. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Результаты исследований, приведенные в табл. 1 показывают, что используя амматол в качестве тонкодисперсной опудривающей добавки можно получить ГВВ, которые имеют прекрасную масло удерживающую способность, а их детонационная способность превосходит параметры детонации граммонита 79/21. В результате исследований был подобран амматол состава 93,7/6,3, который путем обработки в барабанах с шарами (ш : п = 2 : 1) в течение 80 минут давал продукт, способный при опудривании смеси гранулированной селитры и жидкого нефтепродукта в соотношении соответственно – 84% смеси и 16% амматола, изготовить

Таблица 1 Результаты исследований зарядов ГВВ по методике Plate dent test

№	Заряд ГВВ		Состав ГВВ, содержание амматола %													
	Ø _{зар.} , мм	L _{зар.} , мм	Граммонит 79/21		Граммотол 5-1 ^{**} , ПАС [*]		Граммотол 4 ^{***} , 30% амматола		Граммотол 3 ^{***} , 22,0% амматола		Граммотол 2 ^{***} , 15% амматола		Граммотол 1 ^{***} , 7,5% амматола		Граммотол 1 ^{***} , 16% амматола	
			Размеры прогиба плиты, диаметр прогиба – Ø, глубина – h, мм													
			Ø	h	Ø	h	Ø	h	Ø	h	Ø	h	Ø	h	Ø	h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	50	250	-	-	180	20	170	21	180	15	300	16	280	5	110	16
2	60	300	-	-	200	20	260	38	270	36	350	25	420	15	150	26
3	70	350	100	8	220	35	300	60	250	59	375	40	420	17	210	50
4	80	400	250	30	250	48	380	87	320	80	370	42	465	58	220	60
5	100	500	350	71	300	71	п/р	п/р	п/р	п/р	500	81	470	60	п/р	п/р
6	130	700	п/р	п/р	п/р	п/р	-	-	-	-	п/р	п/р	п/р	п/р	-	-

* – ПАС – пористая аммиачная селитра;

** – граммотол с 5% содержания тротила;

*** – общее содержание тротила в составе ГВВ;

п/р – пробитие стальной плиты.

и получить ГВВ с детонационными свойствами намного выше, чем у граммонита 79/21. При этом содержание тротила в этой смеси не превышало 1%. Поэтому ГВВ этого типа получило название граммотол 1-1 и выпускается по ТУ У 24.6-14311844-008:2006. Данное ГВВ прошло всесторонние испытания в лабораторных и промышленных условиях и было допущено к постоянному применению в условиях соответствующих ВВ I класса. Результаты этих испытаний заслуживают внимания. Поэтому они приводятся для обоснования эффективных параметров применения граммотола 1-1 при производстве взрывных работ.

Исследование детонационной способности и работоспособности граммотола 1-1, проводили для открытых зарядов и зарядов ВВ, взрывааемых в стальных трубах и в грунте.

Взрывание открытых зарядов позволило методом конуса определить значение критического диаметра детонации в бумажной оболочке и установить идеальную скорость детонации граммотола 1-1 по виду зависимости скорости детонации D от $\frac{d_3}{d_{кр}}$ - отношение диаметра заряда к критическому диаметру детонации ВВ. Поскольку в опытах не удавалось обеспечить постоянную плотность за-

ряжания ВВ в заряде – $\rho_{ВВ}$, то была получена зависимость D от параметра $(\frac{d_3}{d_{кр}}) \cdot \rho_{ВВ}$. На рис. 1 показан

график зависимости скорости детонации состава ANFO – 94/6 подобного нашему игданиту, но в США наиболее применяемое ВВ (по данным Горного Бюро США, $d_{кр} = 75$ мм), и график зависимости скорости, детонации граммотола 1-1 ($d_{кр} = 29$ мм) от параметра $(\frac{d_3}{d_{кр}}) \cdot \rho_{ВВ}$.

Для ANFO зависимость скорости детонации имеет следующий вид:

$$D = 5156,5 - 300,3 \left[\left(\frac{d_3}{d_{кр}} \right) \cdot \rho_{ВВ} \right]^{-1}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

а для граммотола 1-1 следующий вид:

$$D = \frac{5152,9}{\left[1 + 3,2123 \cdot \exp \left(-0,571 \frac{d_3}{d_{кр}} \cdot \rho_{ВВ} \right) \right]}, \text{ м/с}. \quad (2)$$

Зависимости (1) и (2) позволяют для этих ГВВ установить идеальную скорость детонации при сколь угодно большом диаметре заряда ВВ (по крайней мере для зарядов более $120 d_{кр}$). Тогда

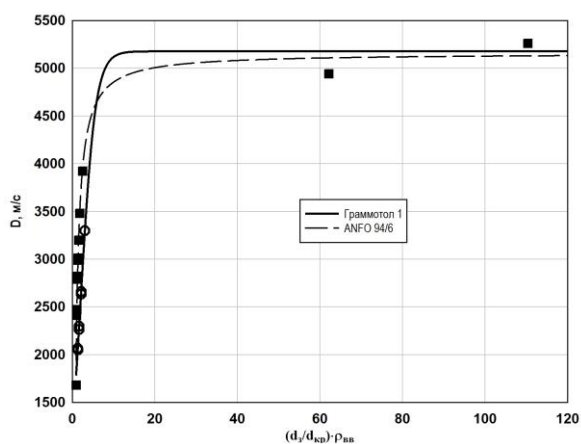


Рис. 1. График зависимости скорости детонации ANFO – 94/6

идеальная скорость детонации ANFO равна 5131,5 м/с, а для граммотола 1-1 соответственно 5152,9 м/с, то есть они практически равны. Особый интерес вызывает исследование скорости детонации граммотола 1-1 в стальных металлических трубах, которые, как известно, моделируют условия взрыва в горных породах. Граммотол 1-1 взрывали в стальной трубе с внутренним диаметром – 51 мм и толщиной стенки 2,5 мм. В этих условиях взрыва его критический диаметр детонации уменьшился и примерно в 2 раза меньше, чем у открытого заряда, то есть равен $d_{кр} \approx 15$ мм. Другой важной особенностью является то, что в этих условиях взрыва ГВВ у него имеется характерная точка на зависимости $D = \varphi \left[\left(\frac{d_{зар}}{d_{кр}} \right) \cdot \rho_{ВВ} \right]$, которая ука-

зывает на наличие критической плотности патронирования ВВ – $\rho_{кр}$. График зависимости скорости детонации граммотола в стальных трубах $D = \varphi \left[\left(\frac{d_{зар}}{d_{кр}} \right) \cdot \rho_{ВВ} \right]$ показан на рис. 2. Зависимость имеет вид:

$$D = \frac{2181,5 - 487,2 \left(\frac{d_z}{d_{кр}} \right) \cdot \rho_{ВВ}}{1 - 0,3512 \left[\left(\frac{d_{зар}}{d_{кр}} \right) \cdot \rho_{ВВ} \right] + 0,0299 \left[\left(\frac{d_{зар}}{d_{кр}} \right) \cdot \rho_{ВВ} \right]^2}, \text{ м/с. (3)}$$

Зависимость (3) для данных условий взрыва в металлических трубах позволила установить критическую плотность патронирования для граммо-

тола 1-1, при которой достигается максимальная скорость детонации D_{max} .

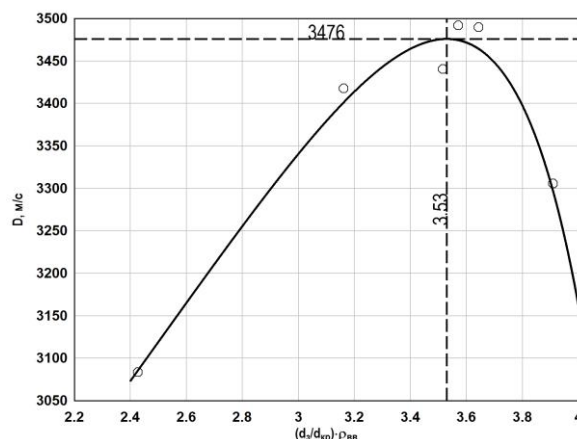


Рис. 2. График зависимости скорости детонации граммотола в стальных трубах

Зная идеальную скорость детонации граммотола 1-1 и его критическую плотность патронирования в зарядной камере можно установить параметры заряжения скважин, в которых можно получить D_{max} . Подставим в уравнение (3) значение идеальной скорости детонации граммотола 1-1. Решаем его при критической плотности заряжения ВВ 0,98 г/см³ получим предельное значение отношения $\frac{d_{зар}}{d_{кр}} \approx 4,3$. Если в стальных трубах $d_{кр} \approx 15$ мм, то

можно утверждать, что в скважинах с диаметром более 65 мм при оптимальной плотности заряжения граммотола 1-1 $\rho_{ВВ} \approx 0,95 \dots 1,0$ можно получить максимальную скорость детонации ГВВ. Это важный результат, поскольку в настоящее время для ГВВ подобного типа рекомендуется их применение в скважинах диаметром не менее 160 мм, а рациональные оптимальные параметры детонации ANFO могут быть получены только в скважинах диаметром 260...320 мм. Исследования показали, что граммотол 1-1 имеет очень высокие параметры детонации по сравнению с известными типами ГВВ (табл. 2), а его работоспособность, определенная в грунте по воронке выброса даже несколько выше, чем у граммонита 79/21. Это позволяет рекомендовать его применение в скважинах 76...100 мм, тем самым снизив объем бурения при БВР почти в 4 раза.

Таблица 2. Взрывотехнические показатели ГВВ

Наименование ГВВ	Плотность патронирования, кг/м ³	$d_{кр}$, мм	Скорость детонации в заряде $\varnothing = 100$ мм, км/с	Работоспособность по воронке выброса (относительная)
Граммонит 79/21	880-940	70	3,1...3,3	1,0
Гранулит УРП	900-990	70	2,3...2,6	0,90
Игданит (ANFO)	850-900	80-120	2,2...2,8	0,90
ИВД-5	850-920	65	3,0...3,3	0,95
Граммотол 1-1	790-900	29	3,2...3,5	1,02

Изученность параметров детонации грамммотола 1-1 позволяет обосновать оптимальные параметры детонации скважинных зарядов и осуществлять эффективное управление действием взрыва заряда ВВ в горной породе.

Исследования параметров детонации грамммотола 1-1 позволили получить эмпирическое уравнение состояния продуктов детонации ГВВ в скважине, в зависимости от параметров заряжания скважины ВВ. Давление продуктов взрыва в скважине при взрыве грамммотола 1-1 может быть определено по уравнению:

$$P = 4,94 \cdot 10^{-4} \left[\frac{(L_{скв} - l_{заб} - l_{в.п.})}{l_{зар}} \cdot \left(\frac{d_{скв}}{d_{зар}} \right)^2 \right]^{-1,6413}, \text{ кбар}, (4)$$

где $L_{скв}$ — длина скважины,

$l_{заб}$, $l_{в.п.}$, $l_{зар}$ — длина забойки, воздушной полости и заряда соответственно,

$d_{скв}$, $d_{зар}$ — диаметр скважины заряда соответственно.

Для устранения выхода при взрывных работах нетехнологичной мелочи и переизмельчения горных пород, рекомендуется выбирать параметры скважинного заряда из грамммотола 1-1 такие, чтобы давление продуктов детонации ВВ в скважине и на границе раздела не превышало предел прочности породы на всестороннее сжатие:

$$P_{ПД} < [\sigma]_{см}.$$

Выводы.

1. Модернизация грамммотолов 5-1, 10-1, 15-1 и 20-1 позволила разработать и наладить промышленный выпуск грамммотола 1-1 с содержанием тротила до 1%.

2. Грамммотол 1-1 в качестве мелкодисперсной опудривающей пропитанные гранулы аммиачной селитры дизтопливом добавки содержит амматол с низким содержанием тротила. Амматол стабилизирует химико-физические свойства ГВВ, обеспечивает стабильность и надежное удерживание дизельного топлива гранулами, при этом детонационная способность ГВВ выше, чем у грамммонита 79/21.

3. Исследовали детонационные свойства грамммотола 1-1 и его работоспособность при взрыве зарядов ГВВ в металлических трубах и грунте. Полученные показатели детонационной способности позволили установить рациональные параметры заряжания ГВВ в скважинах, обеспечивающие максимальную скорость детонации.

4. Установили, что грамммотол 1-1 можно применять в скважинах диаметром 76...100 мм, что позволяет снизить объем бурения при БВР почти в 4 раза и осуществлять управление действием взрыва заряда ВВ в скважине, тем самым уменьшив выход нетехнологических кусков породы и их чрезмерного переизмельчение.

Дальнейшие работы необходимо проводить по внедрению эффективных и рациональных параметров скважинных зарядов грамммотола 1-1 при взрывных работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поздняков З.Г. Развитие и совершенствование гранулированных ВВ в СССР и за рубежом / З.Г. Поздняков. — М.: Недра, 1971. — 142 с.
2. Ефремов Э.И. Пути повышения эффективности взрывчатых веществ простейшего состава / Э.И. Ефремов // Вісник КТУ. Вип. 23. — Київ, 2009. — С. 10-14.

3. Грек В.А. Совершенствование рецептуры и технологии получения простейших ВВ / В.А. Грек, А.Н. Чернышов // Тр. научн. тех. конф. «Взрывное дело в Украине. Современное состояние проблемы, перспективы развития» [09-10 ноября 2006 г., г. Павлоград]. — Павлоград, 2006. — С. 5-7.

LITERATURE

1. Pozdnyakov Z.G. Elaboration and improvement of granulated explosives in USSR and and other world / Z.G. Pozdnyakov. — M.: Nedra, 1971. — 142 p.

2. Efremov E.I. The ways of rising of effectiveness of explosives of elemental composition / E.I. Efremov // Reporter of KTU. Issue 23. — Kyiv, 2009. — P. 10-14.