

УДК 552.57

Н. В. БОДОЕВ, В. П. ГОРКОВЕНКО

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЗРЫВА СМЕСЕЙ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ С ТВЕРДЫМИ ГОРЮЧИМИ ИСКОПАЕМЫМИ

N. V. BODOEV, V. P. GORKOVENKO

EXPLOSION EFFICIENCY OF THE MIXTURES OF AMMONIUM NITRATE WITH SOLID COMBUSTIBLE FOSSIL FUEL

Высокая стоимость, опасность в обращении и пагубное влияние на здоровье людей и окружающую среду тротилосодержащих взрывчатых веществ (ВВ) обусловили широкое использование в горном производстве бестротилового ВВ, в том числе на основе смеси аммиачной селитры (АС) и угольного порошка [1, 2].

Распространению бестротилового ВВ способствует возможность готовить их непосредственно на угольных разрезах. Однако относительно низкая работоспособность смесей АС и угольного порошка не всегда устраивает производство. Поэтому повышение эффективности взрыва таких ВВ представляет несомненный интерес. Исходя из предположения о влиянии качества угольного порошка на эффективность взрыва в данной работе проведено сравнительное исследование смесей АС с твердыми горючими ископаемыми различной природы.

По своему происхождению твердые горючие ископаемые делятся на две группы — гумусовые угли и сапропелиты. К первой группе относятся торф, бурые и каменные угли и антрациты, ко второй — сапропелитовые угли и горючие сланцы. Сапропелиты отличаются высоким содержанием водорода (8—12 %) и повышенным выходом летучих веществ (50—60, иногда до 90 %). Барзасские липтобиолиты, образовавшиеся из кутикуловых водорослей, характеризуются содержанием водорода и выходом летучих близкими к таковым для сапропелитов.

В работе были использованы: каменный уголь (уголь пылевидный для литейного производства ТУ12-01-86) в виде порошка с размером частиц менее 1 мм; кероген непылящий (ТУ 3810940-75; концентрат органического вещества горючего сланца, смешанный с мягчителем — нефтяным маслом ИН-6); и сапропелитовый уголь Соболевского месторождения. Чтобы предотвратить расслаивание смеси, при ручном смешивании АС с пылью добавляли 10 мл воды на 1 кг смеси.

Относительную эффективность действия взрыва ВВ оценивали на стенде по величине обжатия свинцового цилиндра. Стенд (рис. 1) состоял из стального основания, свинцового цилиндра (ГОСТ 5984-80), наковальни, дистанционного кольца и гильзы для оболочки из песка. Со стороны боковой поверхности и сверху испытуемый заряд был окружен толстенной оболочкой из водонасыщенного песка, которая обеспечивала полноту детонации даже в случае ВВ с пониженной чувствительностью к детонации. В качестве промежуточного детонатора использовали патрон аммонита № 6ЖВ массой 200 г, инициируемый электродетонатором или капсюлем-детонатором.

Эффективность действия ВВ, оцениваемая по величине обжатия свинцового цилиндра h , мм. определяется по формуле

$$h = h_1 - h_2,$$

где h_1 — средняя высота цилиндра до обжатия, мм;

h_2 — средняя высота цилиндра после обжатия, мм.

Этот метод дает возможность оценить суммарное (главным образом фугасное) действие новых ВВ для скважинных зарядов с пониженной чувствительностью к детонации.

Зависимость степени обжатия свинцовых цилиндров от количества твердого горючего иллюстрирует рис. 2. Налицо большая эффективность кероген- и сапропелит-содержащих ВВ, что, вероятно, обусловлено более высоким содержанием в этих горючих ископаемых летучих веществ. Наличие в керогене масла обеспечивает более тесный контакт порошка с АС и увеличивает эффективность взрыва.

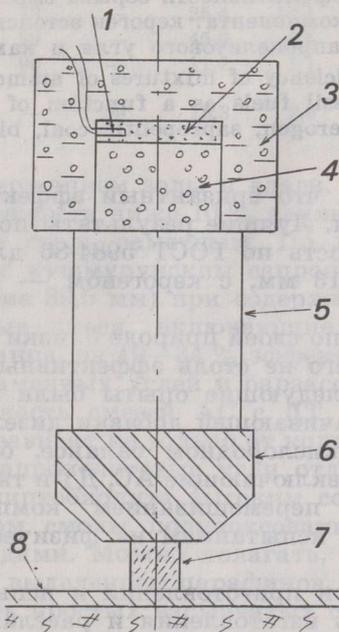


Рис. 1. Схема испытательного стенда: 1 — детонатор, 2 — промежуточный детонатор, 3 — гильза с песком, 4 — испытуемый заряд, 5 — дистанционное кольцо, 6 — наковальня, 7 — свинцовый цилиндр, 8 — основание

Fig. 1. Flue-sheet of test bench: 1 — primer detonator, 2 — intermediate detonator, 3 — sand case, 4 — testing charge, 5 — hoop, 6 — anvil, 7 — lead drum, 8 — foundation

Наибольшая эффективность взрыва наблюдается при 10—15 %-ном содержании пыли, при увеличении добавки горючего компонента обжатие цилиндров уменьшается. При содержании пыли свыше 20 % кривая выходит на плато, что свидетельствует о разбрасывании избытка горючего компонента взрывом из зоны реакции. Последнее подтверждается данными о наилучшей горючести АС с углем при содержании угля 15 %, в то время как дальнейшее добавление угля понижает горючесть смесей [3].

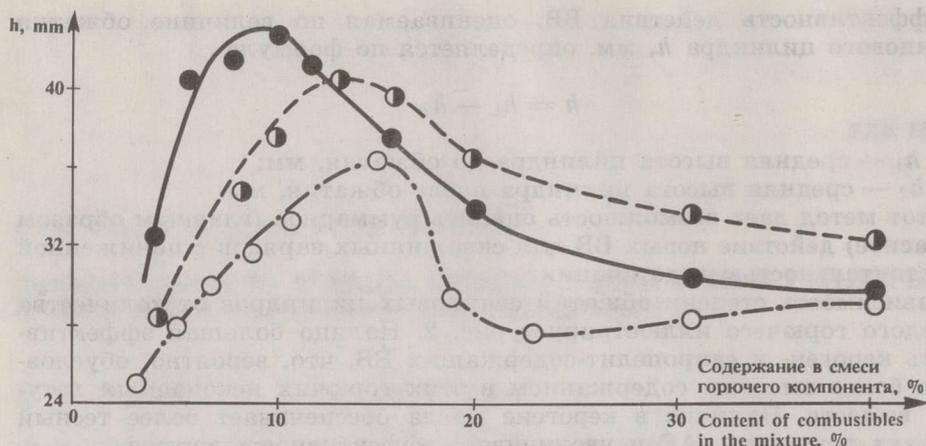


Рис. 2. Зависимость эффективности взрыва смесей АС от содержания в них горючего компонента: кероген эстонского сланца-кукерсита, собольевского сапропелитового угля и каменного угля
Fig. 2. Explosing efficiency of mixtures of ammonium nitrate with solid combustible fossil fuels as a function of the fuel content: Estonian kukersite kerogen, sapropelitic coal, bituminous coal

Необходимо отметить, что бризантный эффект смеси АС с углем зависит и от марки угля. Лучшие результаты получены с сапропелитовым углем. Бризантность по ГОСТ 5984-80 для смеси АС с 10% каменного угля равна 13 мм, с керогеном — 15 мм, с сапропелитом — 17 мм.

Сапропелитовые угли по своей природе близки к керогену, но в смесях без жидкого горючего не столь эффективны во взрывчатом превращении. Поэтому последующие опыты были проведены с использованием в качестве смачивающей добавки дизельного топлива (ДТ). Расчетным путем при кислородном балансе, близком к нулевому, подобраны композиции, включающие АС, ДТ и твердое горючее. Полученные механическим перемешиванием компонентов модельные образцы ВВ подвергали испытаниям на физическую стабильность и сыпучесть.

Визуальным путем при приготовлении и испытании составов оценивали технологичность изготовления и расслаиваемость компонентов. Оптимальным для всех рассмотренных горючих компонентов оказался состав, содержащий 94% АС, 2% ДТ и 4% пыли. Полученные ВВ не пылят и обладают хорошей сыпучестью. Снижение содержания ДТ до 1% приводит к расслаиванию компонентов, а увеличение до 5% способствует налипанию компонентов на стенки смешительной емкости и ухудшает сыпучесть состава. Судя по данным испытаний на физическую стабильность (миграция ДТ из состава), кероген, сапропелиты и каменный уголь обладают хорошей удерживающей способностью по отношению к ДТ. При содержании в составе до 4% ДТ стекания не наблюдается на протяжении 7 сут.

Данные об эффективности действия взрыва составов, включающих различные твердые горючие ископаемые, приведены в таблице. В работе [3] установлено, что составы с углем, имеющим выход летучих ниже 20% при естественной влажности до 40% и содержании золы более 10%, обладают низким энергетическим уровнем. Эффективность взрыва таких составов близка к эффективности взрыва обычной гранулированной аммиачной селитры и находится в пределах 22—26 мм. Поэтому специально подбирали каменные угли с большим выходом

Характеристика горючих ископаемых, %, и эффективность взрыва смесей, содержащих 94 % АС, 2 % ДТ и 4 % пыли горючего ископаемого
Fossil fuels properties, %, and explosion efficiency of the mixtures containing 94 % of ammonium nitrate, 2% of diesel fuel and 4 % of fossil fuel powder

Горючее ископаемое	Петрогафический состав			Зольность	Влажность	Выход летучих	Выход летучих на горючее ископаемое	Эффективность взрыва, мм
	Витринит	Альгинит	Липтинит					
Каменный уголь:								
кузбасский	70	2	3	9,3	4,7	35,2	31,9	30,0
оленёкский	92	8	—	12,6	9,1	44,3	34,7	30,7
Кероген горючего сланца	—	—	—	31,5	—	—	—	39,6
Сапропелит:								
таймырский	13	87	—	3,5	1,1	84,3	80,4	36,0
чарчикский	27	73	—	3,6	0,5	90,0	86,3	39,8
соболевский	27	73	—	25,4	10,1	73,0	47,1	40,2
кушмурунский	1	99	—	45,9	6,5	86,0	40,9	39,5
будаговский	10	90	—	11,7	1,1	86,0	75,0	35,6
Барзасский липтобиолит	11	—	89	15,3	2,9	58,1	47,5	26,0

летучих и малым содержанием золы и влаги. При содержании летучих свыше 30 % и влажности ниже 10 % влияние золы на результаты взрыва становится не столь заметным. По данным экспериментов (см. таблицу), состав с кушмурунским сапропелитом имеет высокую эффективность (обжатие 39,5 мм) при содержании золы 45,9 %.

В целом взрывчатые смеси, включающие сапропелитовые угли и кероген горючего сланца, на 19—34 % эффективнее смесей, содержащих лучшие марки каменных углей и барзасский липтобиолит. Следовательно, эффективность смесей АС с ДТ и порошками твердых горючих ископаемых зависит не только от количества, но и от состава летучих продуктов. Сапропелитовые угли отличаются от гумусовых углей и барзасского липтобиолита высоким содержанием альгинита, значительным выходом смолы полукоксования, обогащенной парафиновыми углеводородами. Можно полагать, что при взрыве сапропелиты разлагаются с выделением парафинов, обеспечивающих повышенную эффективность простых взрывчатых смесей.

Таким образом установлено, что сапропелитовые угли, которые попутно добываются на ряде угольных месторождений совместно с каменными углями и в настоящее время считаются отходами производства, могут быть использованы как компонент наиболее эффективного бестротилового ВВ местного приготовления.

N. V. BODOJEV, V. P. GORKOVENKO

EXPLOSION EFFICIENCY OF THE MIXTURES OF AMMONIUM NITRATE WITH SOLID COMBUSTIBLE FOSSIL FUEL

Summary

Trotyl content blasting agents cost much and are dangerous for peoples health and environment. Therefore the mixtures of ammonium nitrate with coal powders find much application for blasting off the solid. Blasting agents which do not contain trotyl are prepared in opencast collieries. The mixture of ammonium nitrate with coal powders has not much strength.

In the present work, the explosion efficiency of mixtures of ammonium nitrate with solid combustible fossil fuel has been examined. The powders with particle size below 1 mm of bituminous coal, Estonian kukersite kerogen and Sobolevsk sapropelitic coal were mixed with ammonium nitrate.

The relative explosion efficiency of blasting agents was estimated on the special test bench. The test bench (Fig. 1) had steel foundation, head drum, anvil, hoop, sand case, charge of mixture of ammonium nitrate with solid combustible fossil fuel. The detonator initiating the explosion is set afire by its primer.

The size of lead drum reduction indicates the efficiency of blasting agents. This size is calculated by equation

$$h = h_1 - h_2$$

where h_1 — middle height before reduction, mm;

h_2 — middle height after reduction, mm.

The results demonstrate high efficiency of blasting agents with Estonian kukersite kerogen and Sobolevsk sapropelitic coal (Fig. 2). These fuels contain much volatile matter and it explains the efficiency of explosion. Kerogen was mixed with 8 % of petroleum oil to improve contact of oil shale concentrate with ammonium nitrate and increase the explosion efficiency. The mixtures of ammonium nitrate with 10—15 % powder of solid combustible fossil fuels have the highest efficiency.

The brisant effects of mixtures ammonium nitrate with coal, kerogen and sapropelitic coal were 13, 15 and 17 mm.

Sapropelitic coal is similar to oil shale concentrate, but without oil it is not effective in blasting agents. The diesel fuel improves contact between ammonium nitrate and powder. The mixture of 94 % ammonium nitrate, 2 % diesel fuel and 4 % powder have good physical stability. The explosion efficiency of blasting agents with combustible fossil fuel are given in Table. The mixtures with Sobolevsk, Taimylyr, Charchik, Budagovo, Kushmurun sapropelitic coals and Estonian kukersite kerogen are more effective than blasting agents with bituminous coals and Barzas liptobiolite. The sapropelites contain very much paraffines. It explains the strong explosion effect.

ЛИТЕРАТУРА

1. Управление взрывным разрушением горных пород при использовании смесевых ВВ // Разрушение горных пород. М., 1989.
2. Экономика и жизнь. 1990. № 42. С. 20.
3. Глазкова А. П. Катализ горения взрывчатых веществ. М., 1976.

Институт химии углеродных материалов
Сибирского отделения
Академии наук России
г. Кемерово, Россия

Представил И. Эпик
Поступила в редакцию
2.05.91

Russian Academy of Sciences,
Siberian Branch,
Institute of Chemistry of Carbon Materials,
Kemerovo, Russia

Presented by I. Öpik
Received 2 May 1991