

УДК 662.217

**И.Ю. Маслов, С.А. Горинов, Б.Н. Кутузов**

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭМУЛЬПОРОВ**

*Рассмотрена экономическая оценка эффективности применения Эмульпоров в скважинных зарядах различных диаметров на карьерах. Приведены зависимости предельного диаметра от плотности Эмульпоров различного состава.*

*Ключевые слова: эмульпоры, скорость детонации, предельный диаметр, показатель экономичности ЭВВ.*

**Н**а основании численных экспериментов по определению взрывчатых характеристик Эмульпоров осуществлена технико-экономическая оценка эффективности их применения. Показано, что

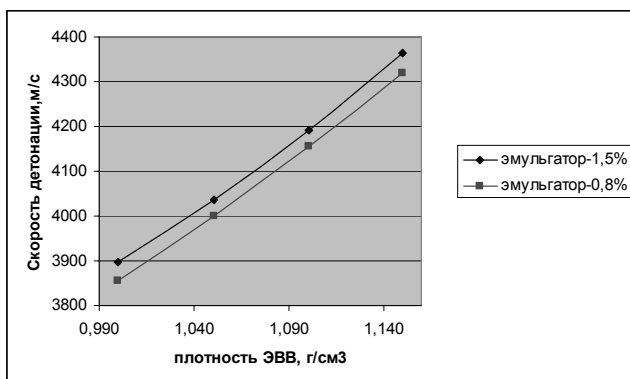
- при применении скважинных зарядов эмульпоров диаметром более 200 мм, целесообразно окислительную фазу данных ЭВВ готовить только из аммиачной селитры. При этом рекомендуемый расход эмульгатора марки «ПЭВВ» (РЭМ-5) – 1,0–1,25 % от массы матричной эмульсии, а плотность заряжения ЭВВ — 1,05–1,10 г/см<sup>3</sup>.

- при применении скважинных зарядов Эмульпоров диаметром 100–160 мм целесообразно окислительную фазу готовить из смеси аммиачной и кальциевой селитры. При этом рекомендуемый расход эмульгатора марки «ПЭВВ» (РЭМ-5) – 1,25–1,5 % от массы матричной эмульсии, а плотность заряжения ЭВВ — 1,10–1,15 г/см<sup>3</sup>.

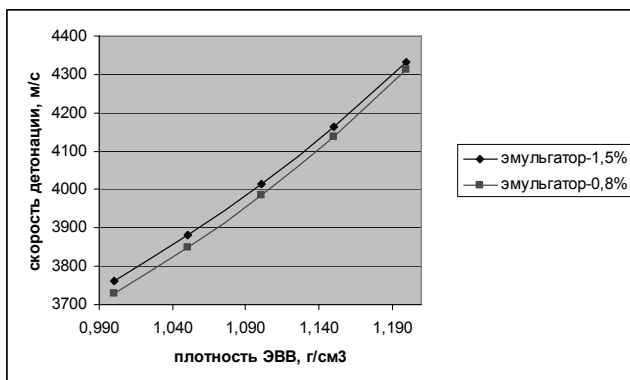
- при отбойке обводненных горных пород с низкой устойчивостью уступов и(или) при содержании в разрушаемой среде ценных хрупких включений скважинными зарядами диаметром 150 мм и более целесообразно применение Эмульпоров с

окислительной фазой из аммиачной и натриевой селитры. При этом рекомендуемый расход эмульгатора марки «ПЭВВ» (РЭМ-5) – 0,8–1,0 % от массы матричной эмульсии, а плотность заряжения ЭВВ — 1,0–1,05 г/см<sup>3</sup>.

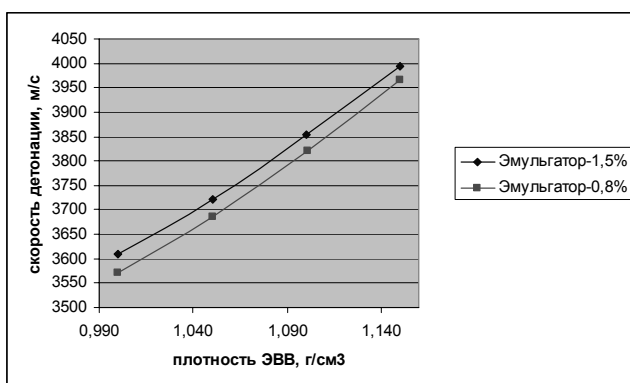
В связи с увеличением глубины горных работ на угольных разрезах Кузбасса все большая часть вскрышных пород является обводненными. При этом длина взрывных скважин на данных разрезах изменяется в диапазонах 10-50м, что обусловлено принятыми системами отработки месторождений. Таким образом применяемое ВВ, кроме водоустойчивости, должно обеспечивать стабильность детонационных свойств при взрывании вертикальных зарядов длиной до 50 метров. Использование для отбойки ЭВВ, сенсibilизированных газовыми пузырьками, в данных условиях приводит к значительному расходу ЭВВ, обусловленному его уплотнением в нижней части скважинного заряда из-за уменьшения размеров газовых пор. Помимо этого, уплотнение ЭВВ приводит к снижению его чувствительности и затруднению протекания полноценной детонации. Таким образом, при применении длинных скважинных зарядов использование ЭВВ, сенсibilизированных газовыми



**Рис. 1. Зависимость скорости детонации от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 80,55 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,2 %, топл. фаза 5,25 %)**



**Рис. 2. Зависимость скорости детонации от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,6 %,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  – 14 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,1 %, топл. фаза – 6,3 %)**



**Рис. 3. Зависимость скорости от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,55 %,  $\text{NaNO}_3$  – 14,0 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,1 %, топл. фаза – 6,35 %)**

порами, ведет к необоснованным материальным затратам и не обеспечивает надежность детонации этих ЭВВ. Применение ЭВВ, сенсibilизированных стеклянными или пластиковыми микросферами ухудшает экономические показатели взрывных работ вследствие дороговизны данных сенсibilизаторов. Использование в качестве сенсibilизаторов микрогранул перлита, продуктов переработки зол не обеспечивает надежной детонации вследствие возможности образования микрогранул со значительной открытой пористостью. Из пористых органических веществ для их использования в качестве сенсibilизатора при производстве ЭВВ наибольший интерес представляют гранулы вспененного полистирола (гранулы пенополистирола). Данные гранулы характеризуются низкой величиной открытой пористости и, являясь продуктом устойчивого и управляемого органического синтеза, характеризуются повторяемостью внутренней структуры. Кроме этого данный материал доступен, как с точки зрения цены, так и с точки зрения бесперебойного им снабжения.

Поэтому решение научно-технической задачи – обоснования оптимальных составов ЭВВ, сенсibilизированных гранулами пенополистирола, обеспечи-

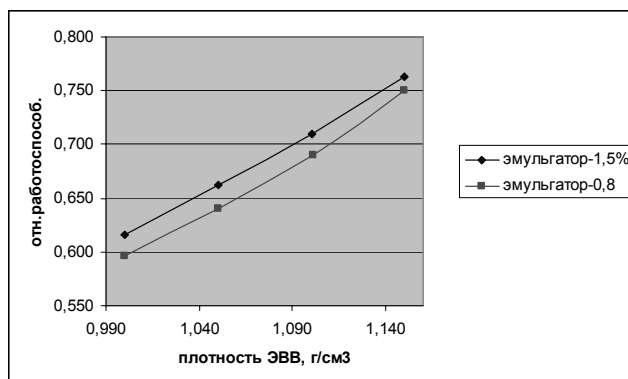
вающих улучшение технико-экономических показателей при производстве массовых взрывов на карьерах в скважинах глубиной до 50-60 м, является актуальной задачей с точки зрения совершенствования технологии взрывных работ.

В работе [1] представлена методика теоретической оценки детонационных параметров Эмульпоров, сенсibilизированных гранулами пенополистирола во всей совокупности параметров, описывающих данные системы: учет химического состава ВВ, плотностей ЭВВ, структуры ЭВВ (размеры частиц эмульсии), размеров и структуры гранул пенополистирола. Показано хорошее согласие между экспериментальными и расчетными данными. Это позволяет использовать развитые подходы для модельных расчетов.

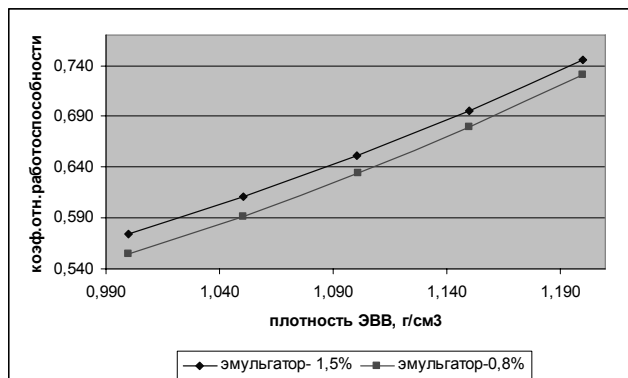
В настоящей работе представлены результаты численных экспериментов, основанных на схеме, изложенной в [1, 2].

Зависимость скорости детонации от плотности ЭВВ при различных значениях эмульгатора «ПЭВВ» (РЭМ-5) и различных по химической природе окислительных фаз представлены на рис. 1–3.

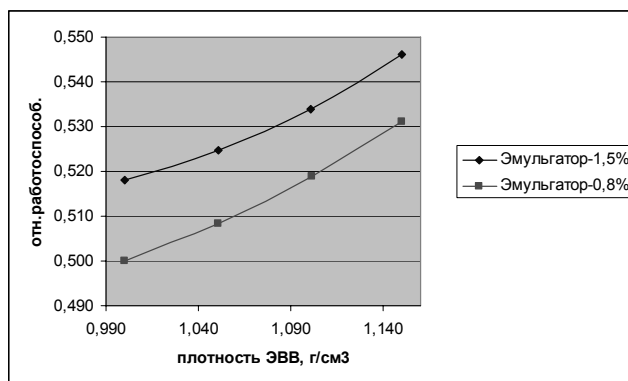
Зависимости коэффициента относительной работоспособности ЭВВ по К.К. Шведову [3] от плотности ЭВВ при различных



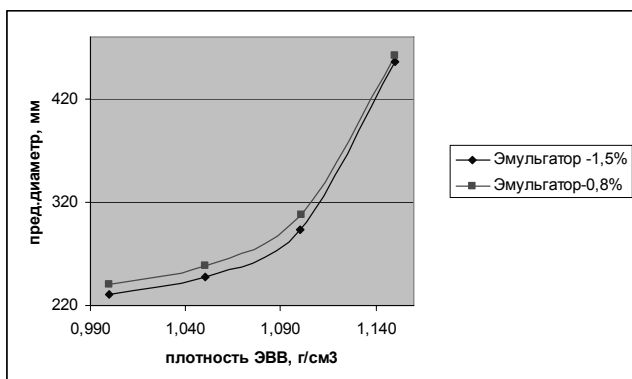
**Рис. 4. Зависимость относительной работоспособности от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 80,55 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,2 %, топл. фаза – 5,25 %)**



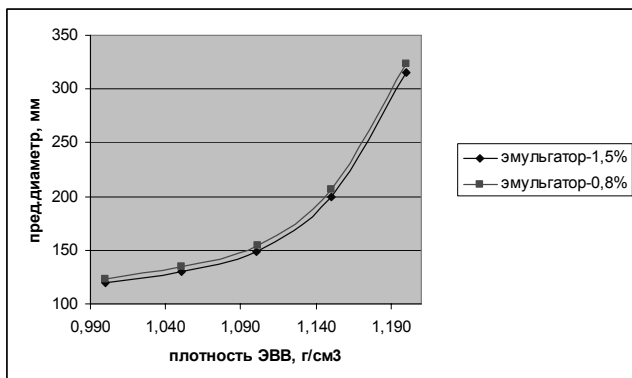
**Рис. 5. Зависимость относительной работоспособности от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,6 %,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  – 14 %, топл. фаза – 6,3 %)**



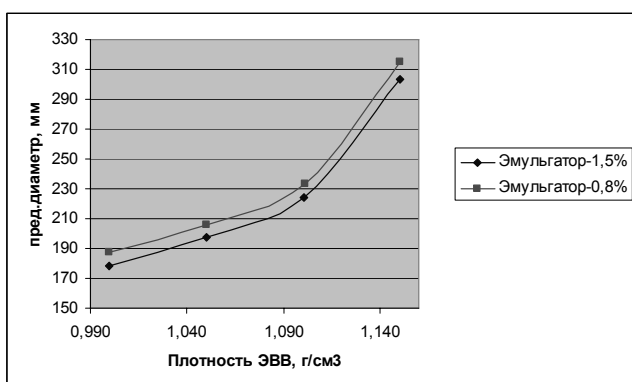
**Рис. 6. Зависимость относительной работоспособности от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,55 %,  $\text{NaNO}_3$  – 14,0 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,1 %, топл. фаза – 6,35 %)**



**Рис. 7. Зависимость предельного диаметра от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 80,55 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,2 %, топл. фаза – 5,25 %)**



**Рис. 8. Зависимость предельного диаметра от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,6 %,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  – 14 %, топл. фаза – 6,3 %)**



**Рис. 9. Зависимость предельного диаметра от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,55 %,  $\text{NaNO}_3$  – 14,0 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,1 %, топл. фаза – 6,35 %)**

значениях содержания эмульгатора «ПЭВВ» (РЭМ-5) и различных по химической природе окислительных фазах представлены на рис. 4–6.

Зависимости предельного диаметра безоболочечного заряда от плотности ЭВВ при различных значениях содержания эмульгатора «ПЭВВ» (РЭМ-5) и различных по химической природе окислительных фазах представлены на рис. 7-9.

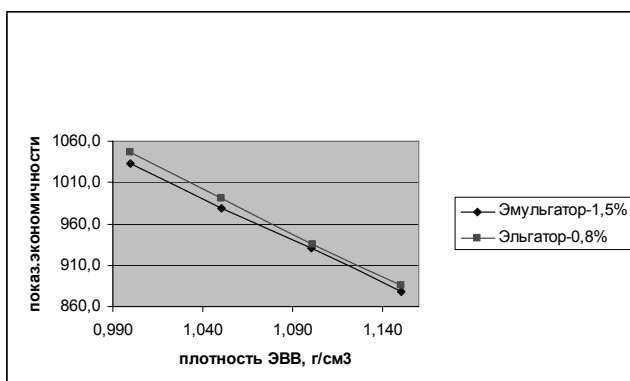
Зависимость показателя экономичности от плотности ЭВВ при различных значениях содержания эмульгатора «ПЭВВ» (РЭМ-5) и различных по химической природе окислительных фазах представлены на рис. 10-12.

При выполнении расчетов принималось следующее:

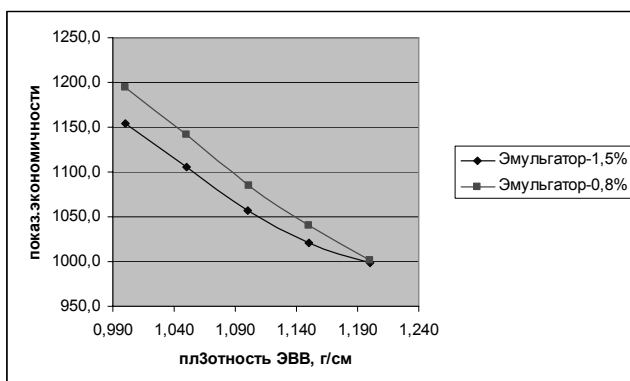
- диаметр гранул пенополистирола — 3 мм, а пор в этих гранулах при насыпной плотности 0,035–0,05 г/см<sup>3</sup> — 160 мкм [4];
- воздушная пористость смешения  $\chi$  при механическом смешении:  $\chi = 0,02$ ;

Химический состав эмульсии указан в подрисуночных надписях.

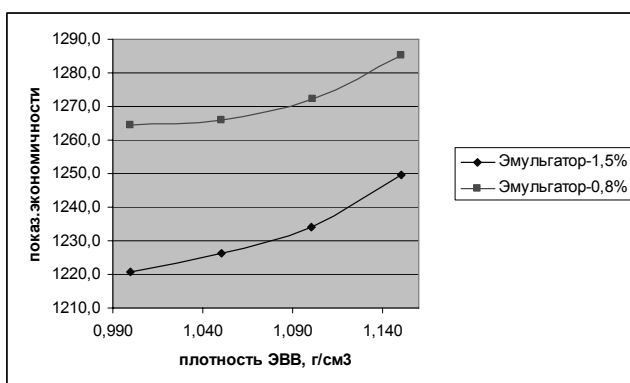
Содержание (величина массовой доли) эмульгатора марки «ПЭВВ» (РЭМ-5) в составе матричной эмульсии изменялась в пределах от 0,8 % до 1,5 %. Данные границы обусловлены свойствами данного эмульгатора и тех-



**Рис. 10. Зависимость показателя экономичности от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 80,55 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,2 %, топл. фаза – 5,25 %)**



**Рис. 11. Зависимость показателя экономичности от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,6 %,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  – 14 %, топл. фаза – 6,3 %)**



**Рис. 12. Зависимость показателя экономичности от плотности ЭВВ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 65,55 %,  $\text{NaNO}_3$  – 14,0 %,  $\text{H}_2\text{O}$  – 14,1 %, топл. фаза – 6,35 %)**

нологическими требованиями к вязкости ЭВВ при механическом зарядании.

Расчет показателя экономичности ЭВВ  $k_{\text{экон}}$  осуществлялся без учета коммерческих наценок по нижеприведенным формулам (1), (2). При определении величины  $k_{\text{экон}}$  полагали, что объем отбиваемой горной породы пропорционален относительному коэффициенту работоспособности ЭВВ  $k_{\text{раб}}$ .

Обозначения, принятые в (1) и (2) :  $C_{AC}$ ,  $C_{CaC}$ ,  $C_{NaC}$ ,  $C_{ж.т.}$ ,  $C_{эм}$ ,  $C_{H_2O}$  — стоимости на месте производства ЭВВ аммиачной, кальциевой, натриевой селитры, жидкого топлива, эмульгатора и технической воды, соответственно, руб./кг;  $C_{п/п}$  — стоимость на месте производства ЭВВ гранул пенополистирола, руб./м<sup>3</sup>;  $C_{бур}$  — стоимость бурения 1 п.м. скважины диаметром  $d$ , р/м;  $L_{зар}$  — длина заряда, м;  $H_{уст}$  — высота уступа, м;  $H_{переб}$  — глубина перебура, м;  $\beta_{т.ф}$ ,  $\beta_{эм}$ ,  $\beta_{AC}$ ,  $\beta_{CaC}$ ,  $\beta_{NaC}$ ,  $\beta_{H_2O}$  — массовые доли общей топливной фазы, эмульгатора, аммиачной, кальциевой, натриевой селитры и технической воды;  $\alpha_{n/n}$  — объемная доля гранул пенополистирола при

$$k_{\text{эжсн}} = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 \frac{L_{\text{эжп}}}{H_{\text{уст}}} \left[ \rho \left[ C_{\text{о.ф.}} + \beta_{\text{т.ф.}} (C_{\text{ж.т.}} - C_{\text{о.ф.}}) + \beta_{\text{эм}} (C_{\text{эм}} - C_{\text{ж.т.}}) \right] + \alpha_{\text{п/п}} C_{\text{п/п}} \right] + C_{\text{бхр}} \left( 1 + \frac{H_{\text{пероб}}}{H_{\text{уст}}} \right)}{k_{\text{раб}}}, \quad (1)$$

$$\text{где } C_{\text{о.ф.}} = C_{\text{общ.хоз.}} + \beta_{\text{AC}} C_{\text{AC}} + \beta_{\text{CaC}} C_{\text{CaC}} + \beta_{\text{NaC}} C_{\text{NaC}} + \beta_{\text{H}_2\text{O}} C_{\text{H}_2\text{O}} \quad (2)$$

создании ЭВВ;  $C_{\text{общ.хоз.}}$  - удельные общехозяйственные и энергетические расходы при производстве ЭВВ, руб./кг;  $\rho$  - плотность заряжания, кг/м<sup>3</sup>;  $k_{\text{раб}}$  - коэффициент относительной работоспособности, определяемый в соответствии с работой [3] и расчетом детонационных параметров ЭВВ согласно [1, 2, 5]. Приведенные на рис. 10–12 зависимости показателя экономичности построены на основании технико-экономических показателей ЗАО «Спецхимпром» за 4-й квартал 2011 г.

Анализ зависимостей, представленных рис. 1–6, показывает, что при изменении плотности ЭВВ в практически значимом при отбойке обводненных горных пород диапазоне (1,00–1,15 г/см<sup>3</sup>) скорость детонации Эмульпоров меняется в диапазоне от 3750 до 4300 м/с, а коэффициент относительной работоспособности ЭВВ по К.К. Шведову от 0,5 до 0,7. При этом (при равной плотности заряжания) наивысшие из указанных показателей имеют Эмульпоровы с окислительной фазой на основе аммиачной селитры, далее — на основе аммиачной и кальциевой селитры, а затем — на основе аммиачной и натриевой селитры, что отмечалось ранее в работе [6].

Экономическая оценка эффективности применения Эмульпоров (рис. 10–12) показывает, что при применении скважинных зарядов диаметром 200–250 мм и более, целесообразно использование ЭВВ с окислительной фазой из аммиачной селитры. При

этом их плотность желательно выдерживать в диапазоне 1,05–1,10 г/см<sup>3</sup>. Оптимальное количество используемого эмульгатора марки «ПЭВВ» (РЭМ-5) при этом составляет 1,0–1,2 % от массы матричной эмульсии.

При применении скважинных зарядов диаметром 100–160 мм целесообразно окислительную фазу Эмульпоров готовить на основе аммиачной и кальциевой селитры, т. к. данные ЭВВ имеют существенно меньший предельный (и, соответственно – критический) диаметр детонации (рис. 7–9). Оптимальное количество используемого эмульгатора марки «ПЭВВ» (РЭМ-5) при этом составляет около 1,25–1,5 % от массы матричной эмульсии, а рекомендуемая плотность заряжания — 1,10–1,15 г/см<sup>3</sup>.

Эмульпоровы с окислительной фазой на основе аммиачной и натриевой селитры обладают меньшей разрушительной силой (работоспособностью) по сравнению с другими, рассматриваемыми в настоящей работе ЭВВ (при одинаковой плотности заряжания). Поэтому, если применяются скважинные заряды диаметром 150 мм и более, то данные ЭВВ целесообразно применять при отбойке обводненных горных пород с низкой устойчивостью уступов и(или) при содержании в разрушаемой среде ценных хрупких включений. Оптимальное количество используемого эмульгатора марки «ПЭВВ» (РЭМ-5) при этом составляет около 0,8–1 % от массы матричной эмульсии, а рекомендуемая плотность заряжания — 1,0–1,05 г/см<sup>3</sup>.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горинов С.А., Маслов И.Ю.* Оценка детонационных параметров эмульсионных взрывчатых веществ сенсibilизированных пластиковыми полимикросферами. // ГИАБ №7, 2011. Препринт. С.53–63.
2. *Курузов Б.Н., Горинов С.А.* Физико-технические основы создания эмульсионных и гранулированных ВВ и средств их инициирования. // ГИАБ №7, 2011. Препринт. С. 34–52.
3. *Шведов К.К.* Об определении работоспособности взрывчатых веществ. // Физика горения и взрыва, 1984. Т.20. №3. С.60–64.
4. *Горинов С.А., Маслов И.Ю., Собина Е.П.* Исследование структуры эмульпоров // ГИАБ №9, 2011. Препринт. С.3–14.
5. *Горинов С.А., Маслов И.Ю.* Теоретическая оценка детонационных параметров гранэмитов, сенсibilизированных пластиковыми полимикросферами// ГИАБ, №9, 2011. Препринт. С. 15–25.
6. *Горинов С.А., Маслов И.Ю.* Влияние химического состава окислительной фазы эмульсии ЭВВ на взрывчатые характеристики при их сенсibilизации пластиковыми полимикросферами // ГИАБ №12, 2011. Препринт. С.9–16. **ГИАБ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Курузов Борис Николаевич* — профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет, e-mail: boriskutuzov@mail.ru,  
*Маслов Илья Юрьевич* — генеральный директор, ЗАО «Спецхимпром», e-mail: ilmaslov@mail.ru,  
*Горинов Сергей Александрович* — кандидат технических наук, ЗАО «Спецхимпром», e-mail: akaz2006@yandex.ru.



---

## ПОГОВОРИМ О ДОСТУПНОСТИ КНИГИ

Недавно в «Эксперте» была опубликована статья Анастасии Якоревой «Доступная книга». В понимании большинства читателей книга доступна, если ее можно найти в библиотеке, в магазине или заказать на сайте издательства. Кто-то под доступностью подразумевает цену на книгу. В этом числе оказалась и героиня экспертской публикации, искренне верящая, что открыла издательство, занимающееся печатью книг «по требованию», как это сегодня модно в США и Европе, и приносит обществу пользу, выпуская книги по доступной цене. Что же позволило ей удешевить свою продукцию? Даже после беглого взгляда на статью напрашивается вывод: её «издательство» не редактирует и не верстает книг, не работает с авторами, а занимается лишь сканированием и печатью. Да и вряд ли стоит предполагать, что ради издания книги в одном экземпляре будет трудиться целая команда. Все ли в порядке с авторскими правами на сканируемые книги, остается только догадываться. А скоро на сайте фирмы заработает on-line конструктор: авторы будут выбирать оформление по своему вкусу и делать книги сами. Подумать только, люди годами этому учатся, оттачивают свой литературный и художественный вкус, а тут почти полная свобода для экспериментов у тех, кто, возможно, никогда не задумывался, что такое хорошо и что такое плохо в стилистике, грамотном изложении информации, книжном дизайне. К тому же выловить все ошибки и неточности в тексте порой не под силу даже редактору со стажем, что уж говорить о том, кто это делает впервые.

Наверняка найдутся неприятельные авторы и читатели, которых вполне устроят непрофессионально изданные книги. И они действительно пользуются спросом в определенных кругах. Но опасность ситуации в том, что подделки могут загубить книжную культуру, ведь они дешевле, а разницу видят далеко не все.

«Горная книга» тоже часто сталкивается с этой проблемой. Встречаются книги наших авторов, вышедшие в других издательствах, внешне похожие на наши издания. Даже верстка почти полностью повторяет нашу, за исключением нескольких страниц, которыми автор решил дополнить книгу. Все новые куски заметны невооруженным глазом. Вычислить происхождение идеи переплета и супербложки обычно тоже не сложно. Только смакетировано всё неряшливо, шрифты подобраны неудачно, расстояние между строками и выравнивание выглядят странно, в общем, недочетов слишком много, чтобы говорить об издании как о профессиональном. Конечно, издание такой «книги» с финансовой точки зрения и с точки зрения эмоциональных и временных затрат менее обременительно, хоть и не вполне законно. Все эти обстоятельства, наверное, затуманивают автору глаза, и он, счастливый, любит свою книгу, подобно шекспировской Титании, под влиянием зелья любимой ткачи с ослиной головой.

Кроме сказанного, статья оставляет много неясностей для издателей научно-технической литературы с позиций достоверности технологий книжного дела.