

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР  
ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи



**СТРОГИЙ ИВАН БОРИСОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД  
ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ,  
С КОМПОНЕНТАМИ УГЛЕРОДНЫХ ОТХОДОВ  
ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород,  
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
профессор, доктор технических наук  
Викторов С.Д.

Москва – 2020

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И МИРОВОЙ ОПЫТ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРОСТЕЙШИМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ...	7
1.1. Существующие теоретические представления о дроблении горных пород взрывом .....	7
1.2. Изготовление и применение простейших взрывчатых веществ в горной промышленности .....	12
1.3. Сырье и добавки для изготовления простейших взрывчатых веществ .....	19
1.4. Цель работы и задачи исследования .....	28
Выводы по главе 1 .....	28
ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С УГЛЕРОДНЫМИ ОТХОДАМИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	29
2.1. Расчетный метод определения доз смесевых взрывчатых веществ .....	29
2.2. Подготовка и испытания компонентов ВВ из углеродных отходов горного производства .....	37
2.3. Рекомендованное сырье для изготовления простейших взрывчатых веществ .....	42
2.4. Заменители дизельного топлива .....	44
2.5. Использование каучука .....	56
Выводы по главе 2 .....	60
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ГРАНУЛИТОВ ИСУ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОНЕНТОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	61
3.1. Линейка простейших взрывчатых веществ типа ИСУ .....	61

3.2. Компонентный состав гранулитов ИСУ, разработанных с участием автора .....	65
3.3. Замена дизельного топлива смесью угля с отработанным моторным маслом .....	66
3.4. Замена дизельного топлива смесью каучука с отработанным моторным маслом .....	70
Выводы по главе 3 .....	72
<b>ГЛАВА 4. ДРОБЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ НОВЫХ ВВ .....</b>	<b>73</b>
4.1. Подготовка аммиачной селитры к заряданию скважин .....	73
4.2. Подготовка отработанного моторного масла к заряданию шпуров и скважин .....	74
4.3. Подготовка угля и каучука к заряданию шпуров и скважин ....	76
4.4. Формирования промышленных зарядов с компонентами из углеродных отходов горного производства .....	80
4.5. Промышленные испытания эффективности новых смесей аммиачной селитры с углеродными отходами производства .....	92
4.6. Приемочные испытания разработанных Гранулитов ИСУ .....	100
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>106</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>108</b>
Приложение 1. Акт полигонных испытаний компонентов и их смесей ....	113
Приложение 2. Акт промышленных испытаний Гранулитов ИСУ .....	118
Приложение 3. Разрешение на постоянное применение одного ИСУ .....	125

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Смеси аммиачной селитры с дизельным топливом, разработка технологии их изготовления и применения, в нашей стране, выполнялась под научным руководством академика Н.В. Мельникова. В этих работах принимали участие ученые научно-исследовательских, проектных и учебных институтов, машиностроительных предприятий, предприятий горной промышленности.

Несмотря на революционный характер широкого внедрения игданитов в производственную практику, производственники столкнулись с недостатками этих зарядов, с их растворимостью и расслаиваемостью.

Большим достижением является создание водоустойчивых эмульсионных взрывчатых веществ, которые становятся взрывчатыми только в скважинах. Они не растворяются и не расслаиваются. Они дешевле заводских ВВ, но заметно дороже игданитов. Поэтому новые составы игданитов остаются предметом научных исследований и практического использования. Совершенствуются технологии их изготовления и применения.

Особенно актуально совершенствование простейших взрывчатых веществ, с использованием углеродных горного производства.

В работе дано решение научной задачи повышения стабильности и снижение стоимости гранулитов, за счет введения в их состав углеродных отходов горного производства, при изготовлении гранулитов на горном предприятии.

**Цель работы** – обоснование способа разрушения горных пород применением взрывчатых веществ с компонентами из углеродных отходов горного производства.

**Научная идея** заключается в том, что при изготовлении на горных предприятиях многокомпонентных взрывчатых веществ с нулевым кислородным балансом использующих углеродные отходы горного производства обеспечивается стабильность и эффективность их применения.



**Методы исследований.** В работе использовался комплексный метод исследований, включающий системный анализ, теоретические исследования, исследования физических и технологических процессов, лабораторные экспериментальные исследования и промышленные испытания.

**Положения, представляемые к защите.**

1. При приготовлении смеси из трех и более компонентов с положительным и отрицательным кислородным балансами у разных компонентов, из них можно приготовить множество смесей с нулевым кислородным балансом, изменяя долевое объемное соотношение компонентов в смеси; разработаны аналитические зависимости, расчетный метод и компьютерная программа определения смесей аммиачной селитры с углеродными отходами горного производства.

2. Изготовления и применения взрывчатых вещества с углеродными отходами горного производства обеспечивает длительное сохранение стабильности промышленных зарядов, снижает их стоимость, улучшает экологию на территории предприятий.

3. По результатам полигонных исследований и промышленных испытаний доказана возможность эффективного применения на горных предприятиях новых составов гранулированных взрывчатых веществ с компонентами углеродных отходов горного производства.

**Научная новизна** заключается в обосновании возможности использования углеродных отходов горного производства в составе простейших взрывчатых веществ изготавливаемых и применяемых для ведения взрывных работ на горных предприятиях, выполнении полигонных и промышленных испытаний.

**Достоверность и обоснованность** научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена комплексной методикой работ, предусматривающей использование современных теоретических и экспериментальных средств исследований, и результатами промышленных экспериментов.

**Практическое значение работы** состоит в снижении затрат на буровзрывные работы и в улучшении качества дробления горных пород при использовании простейших взрывчатых веществ с отходами горного производства.

**Публикации.** Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 8 печатных работах. Материалы диссертации использованы при написании двух монографий.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы докладывались на научных симпозиумах «Неделя горняка» (Москва, МГГУ, 2015, 2016, 2018 гг.), на Международных научных школах молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (Москва, ИПКОН РАН, 2014, 2016 гг.), на Международной научной конференции «Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых» (Москва, РГГРУ, 2016 г.), на XIX Международная научно-практическая конференция по горному и взрывному делу. 2019, г. Геленджик.

# ГЛАВА 1. ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И МИРОВОЙ ОПЫТ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРОСТЕЙШИМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

## 1.1. Существующие теоретические представления о технологическом дроблении горных пород взрывом

Область применения взрыва чрезвычайно разнообразна. Взрыв применяют в твердой среде, в жидкой и газообразной среде, и даже в космосе. Взрыв применяют при выполнении самых разнообразных технологических задач. Классические работы Н.Н. Семенова, Л.Д. Ландау, Я.Б. Зельдовича, А.Ф. Беляева, М.А. Лаврентьева, М.А. Садовского, А.Ю. Ишлинского, Л.И. Седова, Л.П. Орленко и других ученых способствовали становлению науки о взрыве как самостоятельной отрасли знаний [1-5].

Взрывные работы широко применяются при открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Большой вклад в развитие теории действия взрыва на горные породы, и в совершенствование технологии и способов дробления горных пород взрывом внесли: В.В. Адушкин, Д.М. Бронников, М.А. Лаврентьев, Н.В. Мельников, В.В. Ржевский, М.А. Садовский, В.Н. Родионов, К.Н.Трубецкой, Е.И. Шемякин, В.Л. Барон, Б.Н. Кутузов, С.Д.Викторов, Г.П. Демидюк, В.М. Закалинский, А.С. Державец, В.А. Белин, Н.Н. Казаков, Г.М. Крюков и другие ученые [6-18, 21-28, 32-34, 43].

Основными достижениями последних десятилетий в теории и практике взрывных работ являются:

- разработка принципиально новых, безопасных в обращении, дешевых, водостойчивых взрывчатых веществ, изготовление которых на горных предприятиях изменило облик буровзрывных технологий;

- разработка средств, машин и механизмов, позволивших полностью механизировать все работы с взрывчатыми материалами на горных предприятиях;

- разработка технологий и механизированных комплексов по изготовлению дешевых и безопасных взрывчатых веществ, изготавливаемых непосредственно на горных предприятиях.

- создание принципиально новых средств взрывания, в том числе дистанционного радио-взрывания из пунктов, расположенных на борту карьера, что повысило безопасность взрывных работ.

Разработка технологии изготовления и применения игданитов, в нашей стране, выполнялась под руководством академика Н.В. Мельникова [7, 8, 10, 12, 13].

Главным недостатком игданитов является их растворимость и расслаиваемость.

В последние годы созданы водоустойчивые эмульсионные взрывчатые вещества, которые становятся взрывчатыми только в скважинах. Они не растворяются, не расслаиваются. Новые составы игданитов остаются предметом научных исследований. Совершенствуются технологии их изготовления и применения [13, 24, 33, 34].

Основной объем взрывных работ при разработке полезных ископаемых связан с технологическим дроблением горных пород взрывом и с дроблением горных пород при проходке горных выработок различного назначения и различной ориентации в пространстве. Технологическое дробление горных пород взрывом это дробление заданного объема горного массива взрывом группы промышленных зарядов до крупности, приемлемой с технологической точки зрения [14, 15, 16, 18, 19, 26].

В геомеханическом процессе разрушения горных пород взрывом и в закономерностях его развития переплетаются труднейшие нерешенные проблемы физики твердого тела, механики материалов и прикладного материаловедения. Существуют разные точки зрения на механизм разрушения твердого тела, в том числе и на механизм разрушения горных пород взрывом. Мы остановимся на трех гипотезах, которые непосредственно связаны с технологическим дроблением горных пород взрывом.

Первая гипотеза предполагает, что энергия взрыва передается в породный массив в виде волны напряжений. Под действием напряжений, возникающие в однородном массиве горных пород при распространении волны напряжений, возникают трещины, которые разрушают породный массив на отдельные куски. Основы теории хрупкого разрушения заложены в работах А.А. Гриффитса [16].

Для построения теории хрупкого разрушения необходимо учитывать не только силы, приложенные к телу, но и межмолекулярные силы сцепления, действующие вблизи края трещины. Интенсивность сил сцепления зависит от расстояния между противоположными поверхностями трещины.

Важными этапами в развитии теории хрупкого разрушения явились работы Г.Р. Ирвина, О.Е. Орована, С.А. Христиановича, Г.И. Баренблата, Г.П. Черепанова, Е.И. Шемякина и др. [16].

В соответствии с этой гипотезой предполагается, что по параметрам волны напряжений, по величине этих параметров, или по интенсивности изменения этих параметров при распространении волны по массиву, можно определить конечные результаты взрыва, в том числе и крупность дробления горных породы взрывом. Выполнено очень много теоретических и экспериментальных работ, опирающихся на эту гипотезу [10, 29-30]. Но решение прикладных задач дробления горных пород взрывом в горном производстве с использованием этой гипотезы трудно достижимо, так как в ней не учитывается реальное строение сложного горного массива и важнейшие технологические параметры ведения буровзрывных работ в горной промышленности.

В практике горных работ чаще используется вторая гипотеза. Вторая гипотеза использует принцип черного ящика. Как развивается процесс, в этой гипотезе не рассматривается. Известны начальные условия на входе в процесс, известны результаты завершившегося процесса. Между начальными условиями и конечными результатами устанавливаются эмпирические зависимости, которые используются и при исследовании процессов технологического дробления горных пород, и при проектировании буровзрывных работ [11-13].

Эмпирические зависимости, полученные таким путем, имеют узкую область их использования. При изменении условий их применения, и даже при изменении параметров взрывных работ, эти зависимости необходимо уточнять экспериментальным путем. В эти зависимости входит большое число различных уточняющих коэффициентов, в том числе и трудно определяемых условных коэффициентов. Но в настоящее время эмпирические зависимости являются основным средством решения большинства практических задач при использовании взрыва при разработке месторождений полезных ископаемых.

Третья гипотеза разработана в ИПКОН РАН. Авторы называют ее «многофазной и многозонной теорией технологического дробления горных пород взрывом». По этой гипотезе энергия взрыва разделяется между фазами процесса и зонами действия фаз процесса. В каждой зоне и фазе выделяется энергия разрушения, которая распределяется по расчетным объемам. По плотности энергии в расчетных объемах определяется крупность дробления породы в расчетном объеме, по которой определяется грансостав раздробленной породы [14-19, 27].

Количество условно выделяемых по этой гипотезе зон и фаз процесса развития взрыва зависит от многих факторов: от формы и количества зарядов, от положения зарядов в массиве, от наличия и положения обнаженных поверхностей, от последовательности взрывания зарядов. В каждой фазе используются индивидуальные модели развития процесса, индивидуальные математические зависимости, индивидуальные условия сопряжения и наложения фаз процесса развития взрыва.

Исследования и расчеты по этой гипотезе можно выполнять только с использованием современных компьютерных технологий [14-25].

В теорию и практику буровзрывных работ активно внедряются компьютерные технологии различной целенаправленности [14-20, 23, 26, 27].

В ИПКОН РАН разработана компьютерная программа «ГРАНСОСТАВ-2008». Этот способ определения грансостава раздробленной горной массы в карьерах и разрезах с использованием компьютерной программы,

технологичен, не требует больших затрат труда и времени, позволяет получать объективные результаты, в максимальной степени избавленные от субъективного влияния исполнителей. Он позволяет проводить повторные, контрольные перерасчеты грансостава разными лицами по одним и тем же фотоснимкам (фотопанорамам).

В ИПКОН РАН, разработана компьютерная программа «ОКП БВР» для оперативного проектирования буровзрывных работ в карьерах.

Программа «ОКП БВР» предусматривает использование только электронной информации, содержащейся на сервере комбината. Серверная информация о блоках является достаточной для выполнения всех операций по оперативному проектированию взрывных работ на блоке.

Кроме того, программа «ОКП БВР» предусматривает возможность многоэтапного проектирования взрывных работ на блоке. Серверная информация на блоке пополняется непрерывно. Если возникает ситуация, когда буровые работы на блоке еще не завершены, а зарядание скважин вынуждены начинать (такая ситуация возникает постоянно), можно составить предварительный проект некоторых документов по состоянию на конкретное число и вести зарядные работы, по этому предварительному проекту.

В формируемый по компьютерной программе «ОКП БВР» пакет проектных документов по блоку входят следующие проектные документы: сведения о горных породах, проект расположения скважин, таблица параметров обуриваемых скважин, план фактического расположения скважин на блоке, таблица корректировочного расчета зарядов, разрезы, схема коммутации взрывной сети, конструкция скважинных зарядов, расчет радиусов опасных зон блока, совмещенная схема проектного и фактического положения скважин.

В России разработаны и внедрены в производство неэлектрические средства взрывания «СИНВ», «Эдилин», «Примадет». Эти средства более безопасны в обращении. Они не реагируют на блуждающие токи. Они не изменяют структуру и плотность заряда в скважине при прохождении инициирующего импульса по волноводу. Они исключают возможность подбоя

взрывной сети взрывом скважинных зарядов, что является главной причиной возникновения «отказов».

В практику взрывных работ успешно внедряются детонаторы с малым интервалом разброса времени срабатывания детонаторов и с малым электронным замедлением.

К достоинствам этих электродетонаторов можно отнести возможность программирования времени замедления каждого детонатора перед взрывом, выбираемое из широкого интервала (от 1 до 10 000 миллисекунд).

При большом разбросе взрываемых блоков по уступам крупных карьеров эффективно заменять протяженные концы детонирующих шнуров и волноводов применением радио-взрывания.

Система радио-взрывания состоит из командного прибора типа «Гром» и исполнительных приборов. Командный прибор устанавливается, как правило, во взрывной станции на борту карьера. Исполнительные блоки устанавливаются около взрываемых блоков под надежным укрытием.

При применении радио-взрывания сокращается расход детонирующих шнуров и волноводов, а также снижается трудоемкость монтажа взрывной сети.

## **1.2. Изготовление и применение простейших взрывчатых веществ в горной промышленности**

До середины прошлого века в горной промышленности нашей страны использовали взрывчатые вещества, разрабатываемые и изготавливаемые для оборонной промышленности. Они обладали высокой опасностью при использовании в горной промышленности. Все работы по подготовке промышленных зарядов и заряданию скважин выполнялись вручную.

В конце пятидесятых годов, по инициативе и под руководством академика Н.В. Мельникова, в нашей стране начались активные работы по созданию и применению в горной промышленности простейших промышленных взрывчатых веществ из смеси аммиачной селитры с дизельным топливом. В институте была создана лаборатория, которую возглавил проф.



Г.П. Демидюк. Основной тематикой этой лаборатории стали исследования по созданию и применению простейших гранулированных взрывчатых веществ, вопросы по разработке, созданию и применению средств механизации процессов приготовления этих взрывчатых веществ на горных предприятиях, и средств механизированного заряжания скважин. Работы велись одновременно и для открытой разработки полезных ископаемых, и для подземной разработки полезных ископаемых [6, 10, 27].

Академик Н.В. Мельников привлек к этим работам многих ученых, многие научно-исследовательские и проектные институты, многие горные предприятия, машиностроительные заводы.

Простейшие гранулированные взрывчатые вещества изначально представляли собой строго дозированную механическую смесь гранулированной аммиачной селитры с дизельным топливом с нулевым кислородным балансом при взрыве, 94,5% аммиачной селитры и 5,5% дизельного топлива. В нашей стране они получили название «Игданиты», по имени Института горного дела им. А.А.Скочинского Академии наук СССР.

Простейшие гранулированные взрывчатые вещества были существенно безопаснее и позволили разработать и применить различные способы механизации технологических процессов по подготовке ВВ и заряжанию скважин, что способствовало резкому росту производительности труда при ведении буровзрывных работ.

Первыми механизированными комплексами для открытых горных работ в нашей стране были комплекс «Кривбасс» в Кривом Роге и комплекс «Каджаран» в Армении. Заводы стали серийно изготавливать смесительно-зарядные машины СУЗН для открытой разработки полезных ископаемых [7, 10, 11-13, 16, 25, 28, 33, 34, 43].

В настоящее время практически почти все крупные горные предприятия по открытой разработке полезных ископаемых имеют современные механизированные комплексы по приготовлению и использованию взрывчатых веществ собственного изготовления. Достигнута полная механизация всех

основных видов работ по изготовления взрывчатых веществ и заряданию скважин.

Активно внедрялись игданиты и при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Были разработаны и стали изготавливаться серийно для подземных работ доставочные машины, доставочно-зарядные машины, зарядчики различных конструкций [10, 11-13, 24, 28].

Основные компоненты простейшие гранулированных взрывчатых веществ аммиачная селитра и дизельное топливо выпускались промышленностью не для изготовления ВВ, а для сельского хозяйства и автотранспортного транспорта. Поэтому некоторые их свойства не удовлетворяли требования, предъявляемые к промышленным зарядам взрывчатых веществ.

Аммиачная селитра растворялась в воде. Колонка промышленного заряда в скважине уплотнялась и становилась короче. Часть дизельного топлива всплывала к верхнему слою воды. При этом нарушается равномерность перемешивания компонентов. Это отрицательно влияет на качество дробления горных пород взрывом.

Аммиачная селитра удерживала на своей поверхности примерно 2% дизельного топлива. Остальная часть дизельного топлива стекала, правда медленно, в донную часть вертикального скважинного заряда. Реализовывался при взрыве не рациональный режим детонации с меньшим выделением энергии взрыва, что отрицательно влияло на качество дробления горных пород взрывом.

При пневмодоставке ВВ и при пневмозарядании скважин в подземных условиях на шлангах накапливалось статическое электричество, которое могло стать, и не раз становилось, причиной несанкционированных аварийных взрывов [10, 12].

Предлагались и применялись разные средства и способы преодоления этих недостатков.

Одними из самых обнадеживающих способов были различные способы осушения скважин. Но все способы осушения скважин оказались недостаточно

технологичными и недостаточно устойчивыми во времени, и не нашли широкого применения на горных предприятиях.

Предлагались и опробовались различные способы зарядания взрывчатых веществ в полиэтиленовые рукава. В опытах были получены обнадеживающие результаты, но из-за недостаточной технологичности они не нашли широкого применения на практике.

Опробовались и применялись различные способы применения более вязких нефтепродуктов для повышения удерживающей способности гранулированной аммиачной селитры.

Предлагали использовать добавки угольной мелочи и мелкого каучука для частичной замены дизельного топлива, предполагая, что эта мера повысит стабильность гранулированного простейшего взрывчатого вещества.

Предлагались способы использования насыщенных растворов аммиачной селитры, горячих растворов аммиачной селитры, структурирования растворов аммиачной селитры.

В итоге было создано эмульсионное взрывчатое вещество, в котором гранулированную аммиачную селитру заменили жидкой эмульсионной матрицей (селитра в масле). Эмульсионное взрывчатое вещество не растворяется и не расслаивается. Оно безопасно в обращении и позволило механизировать все производственные процессы по приготовлению ВВ и заряданию скважин [11-13, 24, 25].

Эмульсионное ВВ дешевле взрывчатых веществ заводского изготовления. Но оно дороже игданитов. Приготовление эмульсионных ВВ это крупномасштабное производство, и пока не применяется на средних и мелких горных предприятиях. Оно пока совсем не применяется при подземной разработке полезных ископаемых. Поэтому простейшие гранулированные взрывчатые вещества еще широко применяются на горных предприятиях. И даже на тех предприятиях, на которых изготавливают и применяют эмульсионное ВВ, часто верхнюю часть скважинного заряда, находящуюся

выше уровня воды в скважине, заряжают более дешёвым игданитом (т.е. смесью АС-ДТ) [10, 11, 13, 25, 34].

Создание простейших ВВ, изготавливаемых на горных предприятиях, в России базируется на достижениях научной школы академика Н.В. Мельникова, опирающейся на фундаментальные разработки Сектора физико-технических горных проблем ИГД АН СССР и ИФЗ АН СССР [7, 8, 10, 28].

Широко применяются зарубежные аналоги «Игданита» – «нилиты» и «алювиты» (США); «амексы», «анфометы» (Канада); «аммонексы» и «андексы» (ФРГ).

В России для изготовления простейших ВВ используется аммиачная селитра (АС) (ГОСТ 2-85) и пористая аммиачная селитра (АС ПАС). В пористой аммиачной селитре «поры» распределены по телу гранул. Под маркой «пористая» выпускается аммиачная селитра на четырех заводах. Поверхность гранул АС (ГОСТ 2-85) - гладкая стекловидная без пор. Такое состояние поверхности ПАС и АС препятствует хорошей адгезии дизельного топлива. Это ухудшает технологические и взрывчатые свойства промышленных зарядов из простейших ВВ. Происходит расслоение заряда в скважине.

С целью повышения теплоты взрыва простейших ВВ используют металлические горючие: алюминиевые пудры ПА-0, ПА-1, ПА-2, ПА-3, ПА-4, порошок алюминиевый вторичный АПВ, крупку алюминиевую первичную АКП, силикоалюминий дисперсный марок САС-1-50, САС-1-300, САС-1-400 [39].

В институте ИПКОН РАН созданы разнообразные рецептуры гранулитов. Для дробления горных пород средней крепости разработано простейшее взрывчатое вещество гранулит «Игданит» (ТУ 7276-01-04683349-96), представляющее смесь гранулированной АС с дизельным топливом (ДТ). Массовая доля компонентов в смеси: АС - 94,5%, ДТ - 5,5%. Для изготовления применяется АС (ГОСТ 2-85) или АС (ГОСТ 14702-79 марки ЖВГ), а также ДТ (ГОСТ 305-82) [10, 43, 45].

Для дробления горных пород выше средней крепости разработано простейшее взрывчатое вещество гранулит «Игданит П» (ТУ 7276-001-04683349-98),

представляющее смесь пористой АС с ДТ. Массовая доля компонентов в смеси: АС - 94,5%, ДТ - 5,5%. Для изготовления гранулита «Игданит П» применяется пористая АС производства АО «Акрон» г. Новгород, ОАО «Азот» г. Березники, ААТЗ г. Ангарск. В зависимости от температурных условий применения используется летнее, зимнее или арктическое ДТ (ГОСТ 305-82) [28, 30].

Для дробления крепких горных пород разработан взрывчатый состав гранулит А6 (ТУ 7276-01-0483349-95), содержащий в своем составе 6% алюминиевого порошка. Для изготовления гранулита А6 применяется АС (ГОСТ 2-85) или АС (ГОСТ 14702-79 марки ЖВГ), жидкие НП (ДТ, масло веретенное, масло индустриальное, или нефтепродукты отработанные, групп МИО, ММО), порошки алюминиевые ПА-0, ПА-1, ПА-2, ПА-3, ПА-4, порошок алюминиевый вторичный АПВ, крупка алюминиевая первичная АКП, силикоалюминий дисперсный, марок САС-1-50, САС-1-300 или САС-1-400 [24, 43].

Для дробления горных пород средней крепости разработан взрывчатый состав гранулит А3 (ТУ 7276-001-0463349-2001), являющийся аналогом гранулита А6 по компонентному составу. Физическая стабильность гранулита А3 обеспечивается ассортиментом применяемых алюминиевых порошков, включающим только тонкодисперсные порошки - ПА-2, ПА-3 и ПА-4 и загущением дизельного топлива минеральным маслом (индустриальным или отработанным).

Качество получаемых гранулированных взрывчатых веществ в значительной степени зависит от применяемой технологии и способов приготовления взрывчатых смесей. В патентной литературе технические решения по составу ВВ, как правило, рассматриваются совместно с технологией их производства. При приготовлении сыпучих гранулированных ВВ осуществляется смешивание гранулированной аммиачной селитры с сыпучими компонентами механическим способом с последующим смешением с жидкими компонентами. Способ изготовления взрывчатой смеси, предложенный в патенте №2253646, включает первоначальное механическое смешение взрывчатого гранулированного горючего с неорганическим

окислителем до образования равномерной смеси и последующим ее механическим смешением с другими невзрывчатыми и взрывчатыми горючими, с перемешиванием после ввода каждого компонента. Взрывчатые компоненты подают в смеситель порциями в два-три приема с перемешиванием после подачи каждой порции.

Известен также способ приготовления взрывчатых веществ (А.с. № 136654, МКИ СО6В 21/00, 1961 г.), по которому гранулы селитры сначала обрабатывают жидким горючим, а затем покрывают порошкообразным горючим материалом, например, алюминиевой пудрой. Гранулы аммиачной селитры имеют размер 0,5-3 мм. Распределение горючего в такой смеси в значительной степени не однородно. Для повышения эффективности использования гладкой и плотной аммиачной селитры в ряде изобретений предлагается подвергать ее нагреву выше 32,3°C (патент Польши № 95331 от 12.09.74) или воздействию ультразвука (RU 0002262498 20/10/2005), что требует дополнительных затрат и оборудования, существенно усложняющих и удорожающих процессы изготовления смесевых промышленных взрывчатых веществ. В патенте RU 2138009 20.09.1999 жидкую горючую добавку вводят в нагретую селитру, а готовую смесь охлаждают до температуры ниже 32,3°C или до температуры окружающей среды.

В патенте RU 002262498 способ приготовления промышленного взрывчатого вещества на основе аммиачной селитры предусматривает смешение и пропитку гранул аммиачной селитры жидким горючим в сплошной суспензионной фазе и последующий отжим пропитанных жидким горючим гранул аммиачной селитры от избытка жидкого горючего.

Для повышения удерживающей способности окислителя используют гранулированную селитру, имеющую пористую структуру. Однако, гранулированная пористая селитра значительно дороже плотной гранулированной аммиачной селитры и изготовление ее производится в заводских условиях.

В патенте RU 2354635 для увеличения восприимчивости промышленных взрывчатых веществ к инициирующему импульсу и увеличения полноты

взрывчатого превращения предлагается использовать магнитоимпульсную обработку, обеспечивающую рост плотности дислокаций в кристаллической структуре аммиачной селитры.

При приготовлении сыпучих гранулированных ВВ осуществляется смешивание гранулированной аммиачной селитры с сыпучими компонентами механическим способом с последующим смешением с жидкими компонентами. Гранулы аммиачной селитры имеют размер 0,5-3 мм. Смесь гладкой и пористой аммиачной селитры позволяет снизить себестоимость изготовления ВВ и сохранить на приемлемом уровне стабильность и чувствительность гранулированных ВВ. Распределение горючего в такой смеси в значительной степени не однородно.

### **1.3. Сырье для изготовления простейших взрывчатых веществ**

Основными компонентами гранулированных простейших взрывчатых веществ (сырьем для изготовления ВВ) являются аммиачная селитра (АС) и дизельное топливо (ДТ).

Смеси из гранулированной аммиачной селитры с горючими компонентами различной природы и агрегатного состояния известны под обобщенными названиями – «Гранулиты».

Основным недостатком гранулитов является нестабильность сформированных с их использованием промышленных зарядов. Под стабильностью промышленных зарядов понимается неизменная однородность смеси и неизменность его детонационных характеристик при нахождении заряда в скважине за все время, иногда многосуточное время, от момента заряжания скважины до момента его взрыва.

Главными причинами нестабильности промышленных зарядов простейших гранулированных взрывчатых веществ являются: растворимость аммиачной селитры в воде, недостаточная удерживающая способность дизельного топлива гранулами аммиачной селитры, и недостаточная вязкость

дизельного топлива. Эти недостатки порождаются свойствами главных сырьевых компонентов взрывчатой смеси.

Повысить удерживающую способность аммиачной селитры даже не изменяя вязкость дизельного топлива можно переходом от гранул селитры к порошкам селитры. Но это возвращение назад, к порошковым взрывчатым веществам с их высокой опасностью и отказам от средств механизации.

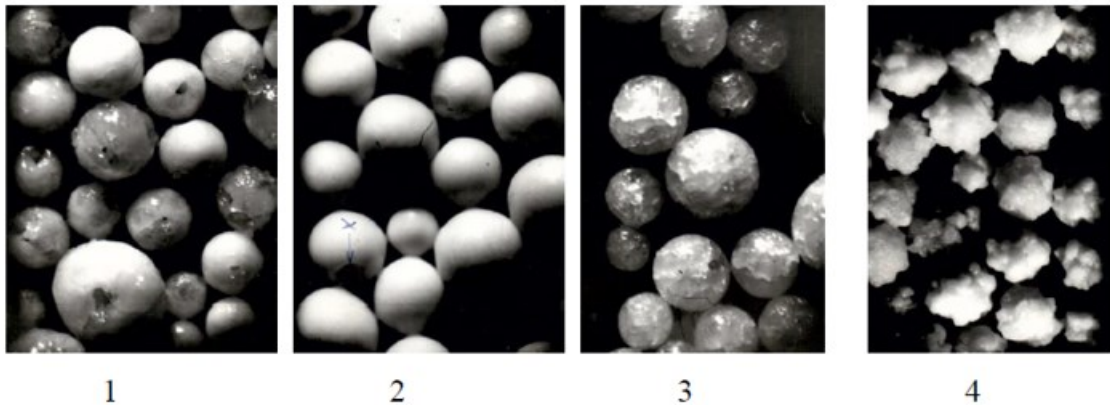


Рисунок 1.3.1. Вид гранул аммиачной селитры по ГОСТ 2-85

заводов-производителей: 1 – г. Навои; 2 – г. Гродно; 3 – г. Кемерово;  
4 – г. Кировокан

Удерживающая способность промышленных зарядов зависит от многих факторов, в том числе и от формы, размеров гранул, наличия пор и каверн в гранулах. Вид гранул аммиачной селитры (ГОСТ 2-85) различных производителей показан на рис. 1.3.1.

Гранулы аммиачной селитры не являются сплошными. Они содержат внутренние полости сферического характера, соединенные цилиндрическим каналом с наружной поверхностью гранул [40-42]. Гранулы могут иметь правильную сферическую форму (рис. 1 и 2) с отчетливо видными устьями цилиндрических каналов, ведущих к внутренней полости. Обладать ровной поверхностью с глянцевым блеском (рис. 1) или без него (рис. 2). При сферической форме гранул (рис. 3) иметь шероховатую поверхность, значительный глянцевый блеск и немногочисленные полости и каналы. Представленный на рис. 4 образец гранул аммиачной селитры не имеет правильной сферической формы, а состоит из слитых совокупностей мелких



сферических гранул, сочетающихся в общую гранулу с развитой удельной поверхностью, без видимых пор или трещин на поверхности гранул.

Стабильность состава простейших ВВ зависит от физических показателей гранулированной АС: влажности, насыпной плотности, гранулометрического состава, плотности вещества в грануле, наличия в составе технологических добавок. Количество удерживаемого дизельного топлива коррелирует с влажностью аммиачной селитры и выражается зависимостью гиперболического вида. С увеличением удельной поверхности гранул аммиачной селитры, возрастает способность к поглощению дизельного топлива. Гранулированная аммиачная селитра с высокой насыпной плотностью (0,97-0,98 г/см<sup>3</sup>) обладает значительно меньшей адгезионной способностью по отношению к НП, чем АС с насыпной плотностью (0,87 г/см<sup>3</sup>). Наличие диспергатора НФ, являющегося поверхностно активным веществом, оказывает влияние на увеличение адгезии НП. Высокая удерживающая способность АС по отношению к НП находится в прямой связи с содержанием мелких фракций (-2 мм).

Обычная гранулированная аммиачная селитра удерживает на своей поверхности примерно 2% дизельного топлива по отношению к массе пропитанной маслом селитры. А для ВВ нужно удержать 5,5%. Это свойство аммиачной селитры является причиной расслоения скважинного заряда. Часть дизельного топлива, превышающая 2%, стекает в нижнюю часть заряда. Верхняя часть заряда обедняется, а нижняя часть заряда обогащается избыточным количеством дизельного топлива. И в обедненной и в обогащенной части скважинного заряда реализуется не рациональный режим детонации с меньшей скоростью детонации. Уменьшается количество выделяемой энергии при взрыве и ухудшается качество дробления горных пород.

Выпускаемая заводами пористая селитра способна удержать много больше 5,5% дизельного топлива на своей поверхности. Но это часто только кажущаяся победа. Обычная селитра имеет плотность не менее 0,9 г/см<sup>3</sup>, а пористая 0,7 г/см<sup>3</sup>. В одном метре скважинного заряда при пористой селитре более чем на 20% меньше взрывчатого вещества, чем при обычной селитре.

Более чем на 20% уменьшается и мощность заряда при пористой селитре. Эта потеря энергии не компенсируется улучшением режима детонации.

Причем при такой пористой селитре ухудшается равномерность смешивания селитры с дизельным топливом.

Вторым сырьевым компонентом гранулитов является дизельное топливо.

Дизельное топливо – это прозрачная слабовязкая жидкость от желтого до светло-коричневого цвета, легче воды, физически и химически стабильна в течение двух лет при хранении в закрытой емкости.

Дизельное топливо отличается повышенным содержанием легколетучих компонентов, сильным неприятным запахом и низкой вязкостью.

Часто в состав простейших взрывчатых веществ в роли окислителя вместо дизельного топлива вводят другие нефтепродукты.

В мировой практике при разработке месторождений твердых полезных ископаемых в течение нескольких десятилетий основную долю взрывчатых веществ (ВВ), используемых в горнодобывающей промышленности, составляют смеси из невзрывчатых компонентов - окислителя, горючего и технологических добавок, позволяющих расширить ассортимент энергетических и детонационных характеристик применяемых ВВ, одновременно, повышая безопасность ручного и автоматизированного способов обработки их в технологической цепочке ведения буровзрывных работ на предприятии.

Согласно перечня взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в Российской Федерации, утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 сентября 2011 г. № 537, к применению на территории Российской Федерации допущены к применению следующие ВВ, включающие в свой состав угольный порошок:

- Гранулит стабилизированный Д-5 (ТУ 7276-063-0173769-02);
- Гранулиты УП (УП-1 и УП-2) (ТУ 12.0173903.007-89);
- Граммонит Т-5 (ТУ 727600-046-0017.37.69.98);
- Гранулит АСС (ТУ 7276-СІ51-0СІ.173769-99).

Все указанные взрывчатые вещества имеют в своем составе помимо аммиачной селитры и других компонентов горючую добавку в виде смеси жидкого топлива и угольного порошка, одновременно являющегося разрыхлителем, благодаря которому горючее перестает стекать с гранул аммиачной селитры.

В состав простейших взрывчатых веществ допускается введение различных каучуков. Каучуки подвержены при длительном хранении старению, в результате которого резина изменяет свои физические свойства.

Изменение свойств резин при набухании связано с проникновением молекул жидкости в межмолекулярные пространства каучука и ослаблением его межмолекулярных связей. Физическим изменениям резины сопутствуют и химические, поскольку после набухания резина более подвержена действию кислорода воздуха [35, 37].

Разброс физических и химических характеристик, которые присущи каучукам, вследствие особенностей их молекулярного строения, различий в условиях производства и испытаний очень велик.

Поэтому характеристики свойств необходимо рассматривать как средние или условные показатели, а не как абсолютные константы.

Наличие двойных связей в каучуках и резинах вызывает в процессе длительного хранения их, а также при эксплуатации резиновых изделий изменения физических, химических и механических свойств, с частичной или полной утратой эластичности.

Можно предположить, что избыточное поглощение газа наполненными полимерами обусловлено как адсорбционными процессами на поверхности частиц наполнителя, так и механическим захватом пузырьков газа. Отдельные участки на поверхности частиц наполнителя, например, сажи, неравноценны по своей физической и химической природе, что обуславливает различную сорбционную способность этих участков. Возможность адсорбции газа на участках поверхности частиц наполнителя, не смоченных полимером, подтверждается в некоторых случаях высокой теплотой сорбции газа,

зависящей от степени дисперсности наполнителя а также наличием адсорбционно-связанного газа на поверхности минеральных частиц до введения их в полимер.

При введении инертных наполнителей — мела или барита, вероятность адсорбции невелика и большие значения коэффициентов сорбции, по-видимому, обусловлены присутствием механически захваченного при изготовлении смеси газа, пузырьки которого сохраняются в резине за счет фиксации ее структуры при вулканизации. Известно, что удаление газов из резиновых смесей в процессе вулканизации или путем предварительного вакуумирования минеральных наполнителей улучшает механические свойства резины.

Для повышения удерживающей способности нефтепродуктов аммиачной селитрой иногда применяют поверхностно активные вещества ПАВ.

Для повышения поверхностной активности жидкого адгезива (дизельного топлива) могут быть применены поверхностно-активные вещества, способные вследствие положительной адсорбции изменять фазовые и энергетические взаимодействия на поверхности раздела жидкость — твердое тело. Поверхностная активность, проявляемая многими органическими соединениями, обусловлена как химическим строением, в частности, дифильностью (полярностью и поляризуемостью) их молекул, так и внешними условиями: характером среды и контактирующих фаз, концентрацией ПАВ, температурой.

Маслорастворимые ПАВ не растворяются и не диссоциируют (или слабо диссоциируют) в водных растворах. Помимо разветвленной углеводородной части и значительной молекулярной массы, обеспечивающей растворимость в углеводородах, маслорастворимые ПАВ часто содержат гидрофобные активные группы. Как правило, эти ПАВ слабо поверхностно активные на границе раздела жидкость - воздух [47].

Использование красителей стали применять с целью оценки равномерности смешивания компонентов простейших гранулированных взрывчатых веществ.

Обзор рецептур простейших гранулированных ВВ с использованием различных красителей, наполнителей для разработки новых составов простейших гранулированных взрывчатых веществ.

В данной работе были использованы научная литература, статьи и патенты Российской Федерации и Соединенных Штатов Америки.

Отечественный опыт добавления красителей в состав взрывчатого вещества рассмотрен на основе патента RU 2353581 (2009 г.) ОАО «Акрон» (Черкасова Т.Н., Маклашина Е.А., Пестов А.Е., Милованов В.А., Николаева И.И., Горшкова Н.В.), которые окрашивали аммиачную селитру для технических целей, заключающийся в том, что грануляцию плава аммиачной селитры проводят в присутствии органических окрашивающих веществ, вводимых в плав непосредственно перед грануляцией в составе поро-образующей или поверхностно-активной добавки или в виде водного раствора или суспензии в количестве 10-100 мг на 1 кг готового продукта [48]. В качестве органических окрашивающих веществ выбирают красители, которые не обесцвечиваются в плаве аммиачной селитры при температуре до 190°C. При исследовании были использованы такие красители как: Органический краситель кратакрил красно-фиолетовый 4К; краситель Hansa RED GG; краситель кислотный ярко-красный 4Ж; краситель прямой бирюзовый светопрочный К; краситель активный ярко-красный С биф; краситель кратакрил красный 2С. Достижимый технический результат: получение равномерно окрашенной гранулированной аммиачной селитры для технических целей с характерной отличительной окраской гранул требуемой интенсивности; улучшение потребительских свойств получаемых продуктов за счет окрашивания гранул; возможность различать марки гранулированной аммиачной селитры для технических целей по внешнему виду, отличать продукцию предприятия от аналогичной продукции других производителей и от аммиачной селитры.

Так же был рассмотрен патент RU 2336523 (2008 г.) Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН и ФГУП «ГНЦ «НИОПИК» (Сабельников А.Г., Кочетков К.А., Нефедов В.А.), которые предложили универсальный способ обнаружения ВВ, тем самым обеспечивая

быстрое обнаружение и идентификацию ВВ. Способ обнаружения и идентификации ВВ включает в себя подготовку смеси анализата с производным цимантрена ( $C_5H_5Mn(CO)_3$ ), освещение этой смеси и идентификацию полученного окрашивания. Для идентификации типа взрывчатого вещества проводят тонкослойное хроматографирование анализата с добавлением производного цимантрена в элюент либо проводят парофазную диффузию производного цимантрена в вещества на хроматограмме. А идентификацию гексогена проводят дополнительной обработкой хроматограммы азуленом. При применении Цимантрена снижается токсичность выхлопных газов, увеличивается полнота сгорания топлива.

Последним из отечественных источников является патент RU 2368591 (2009 г.) ЗАО «Спецхимпром» (Маслов И.Ю.), описывающий способ маркировки ВВ, включающий введение во взрывчатое вещество маркирующей композиции, содержащей идентификаторы, количество которых равно количеству технических показателей, подлежащих маркировке, при этом вводят идентификаторы, обладающие масложирорастворимостью, химической стойкостью в средах с любым диапазоном pH, стойкостью к свободным радикалам, химической инертностью к компонентам взрывчатого вещества, отсутствием свойств поверхностно-активных веществ 1-го рода, химической инертностью к продуктам взрыва и отсутствием токсических свойств, отличающийся тем, что в качестве идентификаторов используют полиметилсилоксаны или полиэтилсилоксаны, или их смесь [53]. При маркировке эмульсионного взрывчатого вещества маркирующую композицию вводят в топливную фазу. В маркирующую композицию дополнительно вводят соединения класса люминофоров ((SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>):Eu,Dy,Y). Маркирующая композиция обладает химической инертностью к компонентам растворов газогенерирующих добавок и продуктам химической реакции взаимодействия компонентов взрывчатого вещества с газогенерирующими добавками. Техническая задача, решаемая предлагаемым способом, состоит в повышении точности, уменьшении трудоемкости и количества вещества, применяемого для маркировки.

Еще одной идеей окрашивания ВВ является применение нафталина (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>) (Большая Энциклопедия Нефти Газа), который служит для получения мононитронафталина, легкоплавкого соединения, часто применяемого в качестве компонента взрывчатых веществ, например в хлоратных взрывчатых веществах, далее для получения ди- и тринитронафталина, которыми пользуются особенно в Бельгии и Франции; наконец, он служит в качестве непосредственной добавки к некоторым смесям взрывчатых веществ, так как при взрыве он легко вступает в реакцию. В последнем случае не всегда требуется наивысшая степень чистоты. Для целей же нитрации употребляется только чистый - белый нафталин с точкой плавления 79, возгоняющийся без остатка и дающий с бензином бесцветный раствор. На воздухе и на свету нафталин не должен желтеть и при растворении в химически чистой концентрированной серной кислоте должен давать лишь слабо розовое окрашивание.

Международный опыт добавления красителей в состав взрывчатого вещества был рассмотрен на основе американского патента US4063975 A (1977 г.) KareRagnvaldFossan, GunnarOlofEkman, описывающие цветной состав ВВ [54]. Основная идея заключается в добавлении в состав ВВ желатин. Цель желатина - придать достаточную прочность составу и предотвратить оседание взвешенных частиц и увеличить сопротивление воды. Согласно изобретению, часть топлива заменяется органическим компонентом, который может быть углеводородом или углеводородом, который находится в твердой или жидкой форме, такой как парафин, дизельное топливо, керосин, или другие подобные органические соединения, такие как сложный эфир высших спиртов и кислот, триглицеридов, хлорированные углеводороды и др.

Просмотрев отечественный и международный опыт использования наполнителей, красителей в составе ВВ можно сделать вывод о том, что данная тема не является раскрытой в области взрывного дела и имеет перспективы в дальнейших исследованиях добавления красителей для разработки новых составов простейших гранулированных взрывчатых веществ.

#### **1.4. Цель работы и задачи исследования**

Анализ опубликованной литературы и патентный поиск позволили определить и наметить задачи исследования. В результате выполнения работы будет показана возможность повышения эффективности дробления горных пород гранулированными простейшими взрывчатыми веществами с использованием местного сырья и отходов производства.

Задачи исследования:

1. Исследование закономерностей изменения долевого состава компонентов с разным кислородным балансом в многокомпонентных смесях, обеспечивающих нулевой кислородный баланс смеси.

2. Исследование фракционного состава новых компонентов взрывчатого вещества, качества их перемешивания и стабильности свойств скважинного заряда в скважине после заряжания.

3. Исследование рациональных условий применения гранулитов, и параметров буровзрывных работ при дроблении пород промышленными зарядами с компонентами углеродных отходов горного производства.

#### **Выводы по первой главе 1**

1. Несмотря на наличие некоторых технологических недостатков, промышленные заряды из простейших гранулированных взрывчатых веществ широко применяются для технологического дробления горных пород при открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

2. Промышленные заряды из простейших гранулированных взрывчатых веществ остаются самыми дешевыми в сравнении с зарядами из других взрывчатых веществ.

3. Возможность использования конкурирующих видов сырья и добавок, особенно из отходов производства, открывает широкие возможности для создания новых взрывчатых смесей, совершенствования их технологических свойств и технологии формирования промышленных зарядов.



## ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С УГЛЕРОДНЫМИ ОТХОДАМИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 2.1. Расчетный метод определения доз смесевых ВВ

Критерием эффективности рецептурного состава смесевого взрывчатого вещества, с энергетической точки зрения, является нулевой кислородный баланс при взрыве.

Физико-химические свойства простейших гранулированных ВВ возможно условно разделить на две группы: термодинамические (теплота взрыва, объем газообразных продуктов, кислородный баланс, работа взрыва) и технологические (детонационная способность, физическая и химическая стабильность, насыпная плотность, другие физико-механические свойства).

Процесс взрывчатых превращений весьма сложен и разнообразен. Характер химических реакций в процессе взрывчатого превращения, не поддаются точному экспериментальному исследованию и строгому теоретическому описанию. Имеющиеся способы расчётов, а также опытное определение состава продуктов взрыва, дают приближенное представление о действительном наборе химических реакций при взрыве.

Для определения теплоты взрыва смесевых ВВ, с приемлемой для практики точностью, часто используют правило адитивной оценки, по которому каждый компонент вносит вклад в теплоту взрыва смеси пропорционально содержанию этого компонента в смеси [37, 38]. По этому правилу теплота взрыва смеси определяется по формуле

$$Q_{взр} = \sum v_i \cdot Q_{i\text{взр}}, \quad (1)$$

где  $v_i$  - весовая доля компонента в смеси, (кг);

$Q_{i\text{взр}}$  - теплота взрыва компонента в смеси (кДж/кг).

Определение весового соотношения компонентов в смесевых взрывчатых веществах при совершенствовании простейших взрывчатых веществ на горных

предприятиях и при формировании новых составов смесевых ВВ, является одной из главных задач разработчиков.

Разработан компьютерный инженерный метод расчета соотношения компонентов, по массе и в процентах, в смесевых простейших взрывчатых веществах, с использованием кислородного баланса каждого компонента, для достижения нулевого кислородного баланса взрываеваемой смеси.

В инженерном расчетном методе для двухкомпонентной смеси нулевой кислородный баланс обеспечивается при выполнении условия

$$100 \cdot K_c + K_{дг} \cdot x = 0, \quad (2)$$

где 100 – весовая доза аммиачной селитры в граммах, принятая для упрощения расчетов;

$x$  - искомая весовая доза дизельного топлива (или другого компонента) в гаммах, обеспечивающая нулевой кислородный баланс смеси.

Искомая весовая доза в граммах определяется по формуле [38]

$$x = \frac{100 \cdot K_c}{K_{дг}}. \quad (3)$$

В уравнении для трехкомпонентной смеси, доза третьего компонента заменяется дозой второго компонента, полученной математическим преобразованием из дозы третьего компонента.

Для трехкомпонентной смеси нулевой кислородный баланс обеспечивается при выполнении условия [38]

$$100K_c + \Delta d_i K_i X_i + \Delta d_j K_j \cdot \left( \frac{\Delta d_j}{\Delta d_i} \right) \cdot X_i = 0; \quad (4)$$

$$Y_j = \frac{\Delta d_j}{\Delta d_i} \cdot X_i, \quad (5)$$

где,  $K_j$  – нулевой кислородный баланс компонентов;

$\Delta d_i$ ,  $\Delta d_j$  - доля весовых компонентов в смеси (сумма долей, исключая селитру) равна единице;

$X_i$ ,  $Y_j$  - весовая (в граммах) доля компонентов в смеси на 100 грамм селитры.

Решением этой системы уравнений являются уравнения

$$X_i = \sqrt{\frac{100K_c}{\Delta d_i \cdot K_i + \Delta d_j \cdot K_j \cdot \frac{\Delta d_j}{\Delta d_i}}}; \quad (6)$$

$$Y_j = \frac{\Delta d_j}{\Delta d_i} \cdot X_i, \quad (7)$$

Трехкомпонентная смесь		
Уголь	Моторное масло	Селитра 100 г
ku := -2.667	km := -3.14	ks := 0.2
du := 0.5	<b>На 100 грамм селитры в граммах</b>	
dm := 1 - du		dm = 0.5
x := $\sqrt{\frac{-20}{du \cdot ku + dm \cdot km \cdot \frac{dm}{du}}}$		Селитры 100 г
y := x · $\frac{dm}{du}$	Уголя	x = 2.6 г
Σd := x + y	Моторного масла	y = 2.6 г
	Уголя и моторного масла	Σd = 5.2 г
<b>На любую массу смеси в %</b>		
M := 100 + Σd		M = 105.2
MM := $\frac{100}{M}$		MM = 0.95
dkc := 100 · MM	Селитры	dkc = 95 %
dku := x · MM	Уголя	dku = 2.5 %
dkm := y · MM	Моторного масла	dku = 2.5 %
ΣΣd := dku + dku	Уголя и моторного масла	ΣΣd = 5 %

Рисунок 2.1.1. Фрагмент компьютерной программы для условий выбранного относительного соотношения компонентов

Результаты расчета представлены в нижнем правом углу фрагмента программы. В выбранной смеси нулевой кислородный баланс смеси достигается при смешивании 95% аммиачной селитры, 2,5% угля, 2,5% моторного масла. Доля угля и моторного масла в смеси 5%.

Этот фрагмент программы успешно работает при любом количестве компонентов, но при заранее выбранном относительном соотношении выбранных компонентов.

При изменении относительного соотношения компонентов смеси изменяется количество окислителя и горючего в смеси, что раньше горняки не учитывали.

На рис. 2.1.2 представлен фрагмент программы, по которому определяются дозы компонентов при непрерывном изменении относительного соотношения компонентов в смеси.

Трехкомпонентная смесь с переменной дозой компонентов			
Уголь	Моторное масло	Селитра	100 г
$k_u := -2.667$	$k_m := -3.14$	$k_s := 0.2$	
$\Delta u := 0.1$			
$du := 0.1, (0.1 + \Delta u) .. 1$			
$dm(du) := 1 - du$			
$x(du) := \sqrt{\frac{-20}{du \cdot k_u + dm(du) \cdot k_m \cdot \frac{dm(du)}{du}}}$			
$y(du) := x(du) \cdot \frac{dm(du)}{du}$		$\Sigma d(du) := x(du) + y(du)$	
$M(du) := 100 + \Sigma d(du)$		$MM(du) := \frac{100}{M(du)}$	
$dkc(du) := 100 \cdot MM(du)$			
$dku(du) := x(du) \cdot MM(du)$		$dkm(du) := y(du) \cdot MM(du)$	
$\Sigma \Sigma d(du) := dku(du) + dkm(du) \quad dcc(du) := 100 - \Sigma \Sigma d(du)$			

Рисунок 2.1.2. Фрагмент компьютерной программы для условий непрерывного изменения относительного соотношения компонентов смеси

Начальными данными для расчета являются цифровые значения нулевого кислородного баланса для всех компонентов выбранной смеси: аммиачной селитры, угля, моторного масла. Принятая в расчетах масса 100 грамм селитры и принятое в этой смеси непрерывное изменение относительной весовой части угля с расчетным шагом  $\Delta u=0,1$ .

После внесения начальных данных, простым перемещением вниз по программе стрелой мышки до последней строки фрагмента, получаем результаты расчета.

Результаты расчета представлены в виде фрагмента программы на рис. 2.1.3. На этом рисунке результаты расчета представлены в виде столбиков-векторов для каждого рассчитанного параметра.

$du =$	$dm(du)$	$x(du) =$	$y(du) =$	$\Sigma d(du)$	$M(du)$
0.1	0.9	0.9	7.9	8.8	108.8
0.2	0.8	1.4	5.5	6.9	106.9
0.3	0.7	1.8	4.3	6.1	106.1
0.4	0.6	2.3	3.4	5.7	105.7
0.5	0.5	2.6	2.6	5.2	105.2
0.6	0.4	2.9	1.9	4.8	104.8
0.7	0.3	3	1.3	4.2	104.2
0.8	0.2	3	0.7	3.7	103.7
0.9	0.1	2.9	0.3	3.2	103.2
1	0	2.7	0	2.7	102.7

$MM(du)$	$dku(du)$	$dkm(du)$	$\Sigma\Sigma d(du)$	$dcc(du)$
0.919	0.8	7.3	8.1	91.9
0.936	1.3	5.1	6.4	93.6
0.942	1.7	4	5.8	94.2
0.946	2.1	3.2	5.4	94.6
0.95	2.5	2.5	5	95
0.954	2.7	1.8	4.6	95.4
0.959	2.8	1.2	4.1	95.9
0.964	2.8	0.7	3.6	96.4
0.969	2.8	0.3	3.1	96.9
0.973	2.7	0	2.7	97.3

Рисунок 2.1.3. Фрагмент компьютерной программы, результаты расчета в виде столбцов-векторов

В первом столбике-векторе представлены десять выбранных численных относительных долей угля в смеси. Количество относительных долей выбирается произвольно и задается с любым шагом нарастания. У нас выбран шаг нарастания 0,1. Но при любом количестве значений, значения должны в пределах диапазона 0-1. Все остальные значения параметров, представленных на рис 2.1.3, рассчитываются.

Во втором столбике-векторе представлены десять численные значения относительных долей моторного масла в смеси.

В третьем и четвертом столбцах-векторах представлены весовые дозы в граммах угля и моторного масла. В пятом столбце-векторе представлена суммарная весовая доза в граммах угля и моторного масла.

В шестом столбце-векторе представлены расчетная порция смеси с нулевым кислородным балансом при разных относительных долях угля и моторного масла. Видно, что изменение относительных долей угля и моторного масла изменяют необходимую их суммарную массу для достижения нулевого

кислородного баланса смеси. Именно этот факт не учитывался при формировании смесевых взрывчатых веществ.

Расчеты выполнять для 100 граммовой дозы селитры удобно. Но пользоваться удобнее процентным содержанием доз во взрывчатом веществе любой массы. В нижней части рис. 2.1.3 представлены столбики-векторы изменения доз в процентах: угля (2 столбец), моторного масла (3 столбец), суммы угля и моторного масла (4 столбец), аммиачной селитры (5 столбец).

В нижней части таблицы, в строке пятой, где 50% угля и 50% моторного масла, смесь должна состоять из 2,5% угля, 2,5% моторного масла и 95% дизельного топлива, что бы смесь взорвалась с нулевым кислородным балансом.

В нижней части таблицы, в строке второй, где 20% угля и 80% моторного масла, смесь должна состоять из 1,3% угля, 5,1% моторного масла и 93,6% дизельного топлива, чтобы смесь взорвалась с нулевым кислородным балансом.

При добавлении угля и моторного масла доза аммиачной селитры не должна быть постоянной и равной 95%. В этой трехкомпонентной смеси, при обеспечении нулевого кислородного баланса смеси, доза аммиачной селитры может изменяться от 91,9% до 97,3%.

На рис. 2.1.4 представлены компьютерные графики относительного соотношения угля и моторного масла и их суммарной величины в смеси. Сплошная кривая - уголь, пунктирная линия – моторное масло, штриховая линия – смесь компонентов.

По этой программе для трехкомпонентной смеси можно рассчитать не один состав с нулевым кислородным балансом, а 10 составов с нулевыми кислородными балансами, с разным соотношением компонентов. Каждый из 10 составов может обладать разными технологическими свойствами.

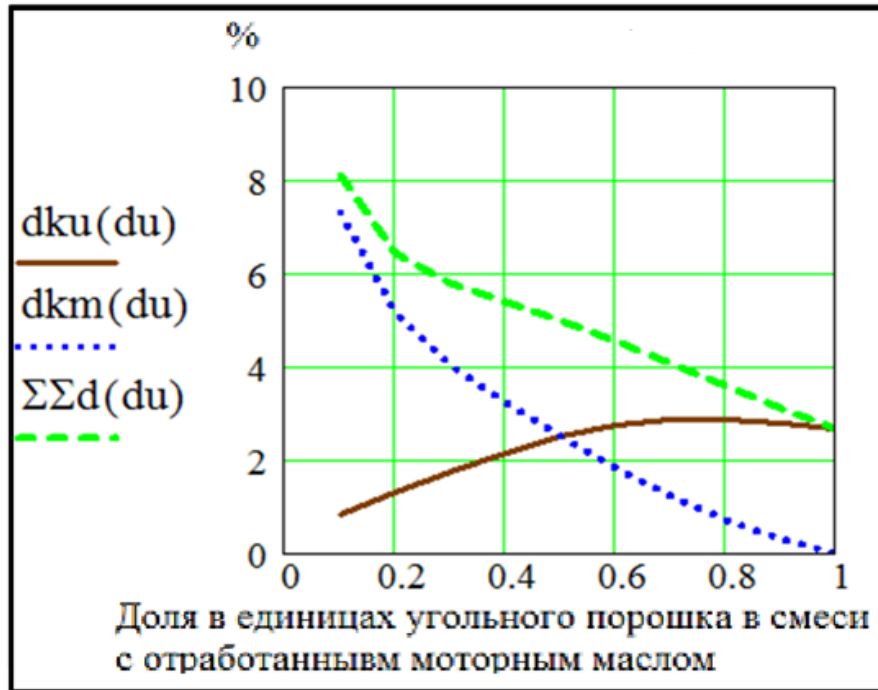


Рисунок 2.1.4. Изменение относительного соотношения угля и моторного масла и их суммарной величины в смеси

Кислородный баланс основных компонентов простейших взрывчатых веществ и возможных добавок следующий:

кислородный баланс селитры  $K_c = 0,2$ ;

кислородный баланс угля  $K_y = -2,667$ ;

кислородный баланс кокса  $K_k = -2,667$ ;

кислородный баланс бутадиенового каучука  $K_{ky} = -3,259$ ;

кислородный баланс дизельного топлива  $K_{дт} = -3,47$ ;

кислородный баланс отработанного моторного масла  $K_{ом} = -3,14$ .

На рис. 2.1.4, представлены графические зависимости, от доли угольного порошка, доз угольного порошка и отработанного моторного масла, а также их суммы, в процентах к любой массе промышленного заряда.

Линии визуально показывают активную динамику изменения процентного содержания угля и моторного масла в смеси для достижения нулевого кислородного баланса при взрыве промышленных зарядов гранулитов этой серии.

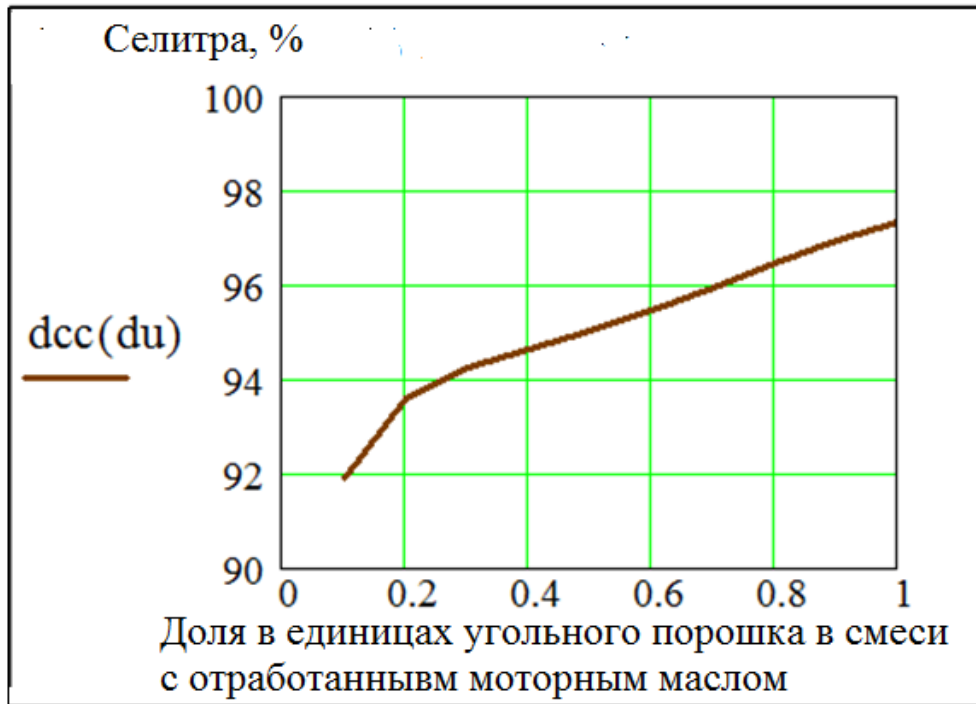


Рис. 2.1.5. Изменение дозы селитры при изменении относительного соотношения угля и моторного масла в смеси

На рис. 2.1.5 представлен график изменения зависимости, от доли угольного порошка, дозы аммиачной селитры в процентах от массы заряда, в промышленном заряде любой массы. Доза аммиачной селитры в этой смеси изменяется от 91,9% до 97,3%.

Чем больше, в заданных пределах, отработанного моторного масла в этой смеси, тем меньше в смеси селитры, тем дешевле гранулит, но присутствует факт стекания масла. Тем меньше времени заряд должен находиться в скважине с момента заряжания до его взрывания.

Чем больше, в заданных пределах, угольного порошка в этой смеси, тем больше в смеси селитры, тем дороже гранулит. Тем больше времени заряд может находиться в скважине с момента заряжания до его взрывания без ухудшения качества дробления горных пород взрывом. Но при этом нужно обеспечить хорошее перемешивание компонентов в заряде и надежность детонации скважинного заряда.



## 2.2. Подготовка и испытания компонентов ВВ из углеродных отходов горного производства

Компоненты взрывчатого вещества из углеродных отходов горного производства изготавливаются по кустовому принципу на специальном пункте для многих предприятий СУЭКа. Разработаны требования по параметрам и свойства компонентов. Эффективность разработанных требований проверяли экспериментально в лабораторных условиях после их получения горным предприятием.

Эксперименты проводили в три стадии: в лабораторных условиях, в полигонных условиях, а некоторые свойства можно было определить только в производственных условиях при взрыве промышленных зарядов. При исследовании дисперсионного состава резиновой крошки (вторичного каучука) ТУ2511-001-33068450-2014, мелочи коксовой МК-1 (АО «Разрез Березовский»), угля (Тугнуйский разрез) получен фракционный состав, который характеризуется параметрами, представленными в табл. 2.2.1.

Таблица 2.2.1. Фракционный состав резиновой крошки,  
коксовой мелочи и угля в изготавливаемых компонентах

Адгезив, мм	+3,15	-3,15+2,5	-2,5+1,0	-1,0+0,5	-0,5+0,063	-0,063
	Фракции, %					
Резиновая крошка	0	0,5	43	51,5	5	0
Коксовая мелочь МК-1			8,5	52,3	39	0,2
Уголь			0,2	1,5	4,8	60,5

В табл. 2.2.2 представлен сопроводительный документ с информацией о состоянии компонента, о случайных примесях в компонентах угля и каучука, приготовленных для изготовления гранулитов. Аналогичные таблицы сопровождали каждую поставляемую партию подготовленных компонентов из углеродных отходов горного производства.

Существенным недостатком двухкомпонентных смесей аммиачной селитры и дизельного топлива является низкая способность аммиачной селитры удерживать на своей поверхности дизельное топливо.

На втором этапе, определяли, с применением красителей, качество смешиваемости компонентов, наличие расслоения компонентов в объеме пробы, и во времени, при многосуточном наблюдении за пробой.

Требования к жидкому горючему, как компоненту простейшего ВВ, обусловлены в первую очередь их теплотворной способностью, вязкостными характеристиками, относительной дешевизной и доступностью. Проблема утилизации отработанных масел стоит достаточно остро.

Таблица 2.2.2. Документ с информацией о состоянии компонента, о случайных примесях в компонентах угля и каучука

Наименование и обозначение показателя	Метод испытания (обозначение НД)	Результат испытания	Требования НД
Массовая доля общей влаги. ( $W_t^r$ ), рабочего топлива	ГОСТ Р 52911-2013 (метод В 4)	<1,0 % (масс.)	Не более: 22,0
Зольность, ( $A^d$ ), сухое состояние топлива	ГОСТ Р 55661-2013	(8,4±0,2) % (масс.)	Не более: 13,0
Массовая доля общей серы, ( $S_t^d$ ), сухое состояние топлива	ГОСТ 8606-93	(0,12±0,06) % (масс.)	Не более: 1,0
Высшая теплота сгорания сухого топлива, ( $Q_s^d$ )	ГОСТ 147-2013	(7197±43) кКал/кг	Не нормируется
Высшая теплота сгорания сухого беззольного топлива, ( $Q_s^{daf}$ )	ГОСТ 147-2013	7863	Не нормируется
Низшая теплота сгорания рабочего топлива ( $Q_i^r$ )	ГОСТ 147-2013	7083	Средняя: 6000
Выход летучих веществ сухого беззольного топлива, ( $V^{daf}$ )	ГОСТ Р 55660-2013	(6,5±0,2) % (масс.)	Не более: 15,0

Технологическими свойствами простейших гранулированных взрывчатых веществ являются: детонационная способность, физическая и химическая стабильность, насыпная плотность, водостойчивость и др. Качество взрывных работ зависит не только от физических свойств ВВ, но в значительной степени оно зависит и от их технологических свойств.

Стабильность простейших ВВ, понимаемая как постоянство смеси в течение изготовления, хранения, заряжания и времени ожидания взрыва в заряженном состоянии. Стабильность ВВ определяется во многом физико-химическими свойствами используемых компонентов: свойствами аммиачной селитры (удельной поверхностью, формой и размером гранул, наличием и размерами пор и каверн в гранулах, шероховатостью поверхности); свойствами жидких нефтепродуктов (теплотворной способностью, вязкостью); свойствами твердого горючего (теплотворной способностью, физико-химическими и адгезионными свойствами порошков, дисперсностью состава, формой и размером частиц).

На повышение физической стабильности простейших ВВ оказывает влияние не только изменение микроструктуры гранул аммиачной селитры, но также добавление адсорбирующих порошкообразных горючих компонентов, использование вязких жидких горючих.

Одним из параметров оценки физической стабильности смеси АСДТ является «удерживающая способность» гранул АС по отношению к ДТ, определяемая законами адгезии. При изготовлении смесей АСДТ производится смешение жидкого горючего (адгезива) с гранулами аммиачной селитры (субстрата). При этом сохраняется граница раздела фаз, образованная твердым телом и жидкостью. Адгезия жидкости происходит на границе раздела жидкости с твердым телом. Положение и форма поверхности жидкости в значительной степени определяются твердым телом, с которым она контактирует.

Стабильность простейших ВВ определяется во многом свойствами аммиачной селитры. Количество удерживаемого дизельного топлива возрастает с увеличением удельной поверхности гранул аммиачной селитры.

Требования к твердому горючему, как компоненту простейшего ВВ, обусловлены в первую очередь их теплотворной способностью и способностью к удерживанию жидкого горючего и относительной дешевизной и доступностью.

В качестве твердого горючего, адсорбента горючей жидкой фазы, могут быть использованы различные вещества [46, 47] с разной теплотой сгорания:

- угольный порошок (буроугольная пыль) – 25 МДж/кг;
- кокс (доменный) – 30,35 МДж/кг;
- резинотехнические изделия – 33,5 МДж/кг;
- каучук синтетический – 40,2 МДж/кг.

Основным компонентом резинотехнических изделий является каучук. Каучук горюч, горит ярким коптящим пламенем. Теплота сгорания 10800 ккал/кг, температура горения 1560-1550°C, температура воспламенения 220°C, температура самовоспламенения 352°C. Каучук склонен, при определенных условиях, к химическому самовозгоранию [47].

Для создания равномерного покрытия, как установлено опытным путем, дисперсионный состав адгезива должен быть в пределах 50-400 мкм. Для усиления адгезии порошков, в исходный продукт могут вводить добавку высокодисперсного субстрата, например, адгезию порошков из полиамидных смол к алюминиевым поверхностям повышают введением добавки алюминиевой пудры с ультрамаринном. Для повышения адгезии АС с ДТ в смесь можно вводить добавку из дробленой аммиачной селитры.

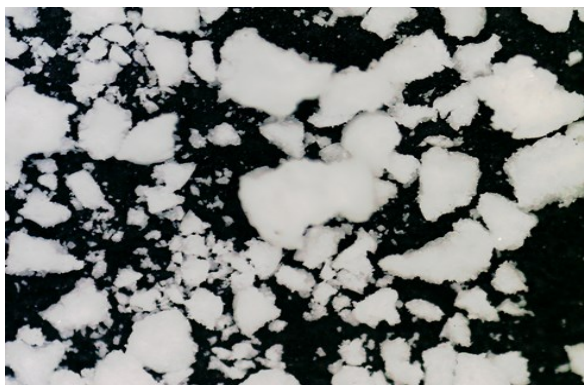


Рисунок 2.2.1. Внешний вид селитры ТУ 2143-073-05761643-2013  
после разрушения

На адгезию резиновой крошки, порошка полукокса, порошка угля с гранулами аммиачной селитры влияет структура частиц. В свободно насыпанных порошках частицы соприкасаются только отдельными участками, которые составляют малую долю их суммарной поверхности.

Остальная поверхность порошков разделяется пустотами (порами), которые занимают в порошках от 30 до 80% объема, в зависимости от формы и размеров кусков, их шероховатости и т. д. Полидисперсные материалы, как

правило, имеют меньшую пористость, чем монодисперсные. Мелкие частицы заполняют промежутки между крупными частицами, что приводит к более плотной укладке [48].

Частицы резиновой крошки ТУ 2511-001-33068450-2014 фракции -0,063 мм имеют форму прямоугольника с размерами от (30×40) до (70×100) мкм, квадрата с размерами от (60×60) до (80×80) мкм, трапеции с размерами от (50×60) до (70×80) мкм. Встречаются отдельные частицы округлой формы с диаметром (50×70) мкм. Частицы неправильной формы размером от (30×50) до (60×100) мкм. Коэффициент анизодиаметричности ( $d_{\max}/d_{\min}$ ) частиц резиновой крошки фракции -0,063 мм составляет 1-2,5.

Частицы мелочи коксовой МК-1 фракции -0,063 мм приближаются к форме прямоугольника с размерами от (7,8×15,68) до (29,68×60,42) мкм, трапеции с размерами от (10,53×14,28) до (31,47×49,14) мкм, ромба с размерами от (13,08×16,76) до (33,88×49,31) мкм. Коэффициент анизодиаметричности частиц коксовой мелочи фракции -0,063 мм составляет 1,4-3,5.

Частицы угольной пыли фракции -0,063 характеризуются следующими геометрическими параметрами частиц: квадрата с размерами от (4,7×4,7) до (10,0×10,0) мм; прямоугольника с размерами от (3,1×6,3) до (8,4×29,4) мм; трапеции с размерами от (2,0×3,67) до (10,4×20,9) мм; равнобедренного треугольника с размерами от (1,8×3,3) до (13,5×19,7) мм. Коэффициент анизодиаметричности частиц угольной пыли крошки фракции -0,063 мм составляет от 2-6.

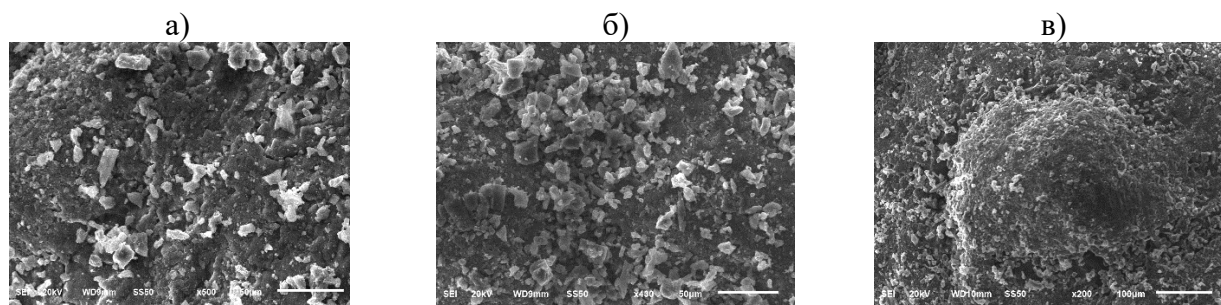


Рис. 2.2.2. Количество удерживаемого субстратом (аммиачной селитрой) коксового порошка крупностью -0, 063 мм (а - 1,5%; б – 2%; в - 2,5%)

Таблица 2.2.3. Остаточное содержание адгезива на поверхности субстрата

	Содержание в субстрате, %		
	при начальном 1,5%	при начальном 2%	при начальном 2,5%
адгезив			
кокс	0,66	0,5	0,645
уголь	0,76	0,62	0,98

Исследование характера распределения адгезива (порошковых горючих) показано в табл. 2.2.3. На фотографиях разное количество порошкового материала, удерживаемого на поверхности субстрата (аммиачной селитры) при различном начальном его количестве 1,5; 2 и 2,5%. По форме частицы имеют коэффициент анизодиаметричности 1-5.

После отделения адгезива на поверхности субстрата остается меньшее количество материала (табл. 2.2.3).

На распределение адгезива влияют свойства поверхности субстрата, в том числе микропористость гранул, шероховатость поверхности.

Требования к жидкому горючему, как компоненту простейшего ВВ, обусловлены в первую очередь их теплотворной способностью, вязкостными характеристиками, относительной дешевизной и доступностью

### **2.3. Рекомендуемое сырье для изготовления простейших взрывчатых веществ**

Возможность использования при изготовлении простейших взрывчатых веществ различного сырья, различных модификаций сырья, различных отходов производства, использование взрывчатых веществ в различных условиях взрывания, требуют особого подхода к выбору компонентов и к обоснованию целесообразности выбора именно этих компонентов.

Обычная гладкая гранулированная аммиачная селитра устойчиво удерживает на своей поверхности примерно 2% дизельного топлива. А нужно удержать примерно 5,5% для обеспечения рационального режима детонации и нулевого кислородного баланса. И при большем и при меньшем проценте

наличия дизельного топлива в смеси, выделяется и полезно используется лишь часть энергии заряда.

Процесс стекания дизельного топлива в нижнюю часть заряда получил название расслоение заряда. Это один из главных недостатков простейших взрывчатых веществ.

Предлагались разные способы борьбы с этим недостатком: сокращение времени между заряданием и взрыванием, применение пористой аммиачной селитры, замена дизельного топлива более вязкими нефтепродуктами и др.

Наибольшее распространение получил способ применения пористой аммиачной селитры, которая, как правило, удерживает больше 5,5% дизельного топлива. Но при этом способе начал проявляться другой недостаток, неравномерность перемешивания аммиачной селитры с дизельным топливом.

Кроме этого гранулированная пористая селитра значительно дороже плотной гранулированной аммиачной селитры.

Для изготовления гранулитов рекомендовано применять следующие сорта аммиачной селитры:

- селитру аммиачную по ГОСТ 2-2013 или по ГОСТ 14702-79 марки ЖВГ;
- селитру аммиачную пористую ТУ 2143-073-0576143-2013 (АО НАК «Азот», г. Новомосковск);
- селитру аммиачную пористую марки МП ТУ 2143-036-00203789-2003 (АО «Акрон», г. Новгород);
- селитру аммиачную пористую (для технических целей) по ТУ 113-03-00203789-16-93 (АО «Акрон», г. Новгород);
- селитру аммиачную гранулированную пористую по ТУ 2143-635-00209023-99 (ОАО «Азот», г. Березники);
- селитру аммиачную пористую модифицированную по ТУ 2143-029-00203795-2005 (ОАО «Азот», г. Березники).

Для изготовления гранулитов рекомендовано применять следующие сорта дизельного топлива:

- дизельное топливо по ГОСТ 305-2013;

- топливо дизельное ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004);
- топливо дизельное ГОСТ Р 55475-2013 (топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное);
- топливо дизельное ГОСТ Р 32511-2013 (ЕВРО).

#### **2.4. Заменители дизельного топлива**

Требования к жидкому горючему, как компоненту простейшего ВВ, обусловлены в первую очередь их теплотворной способностью, вязкостными характеристиками, относительной дешевизной и доступностью.

Для изготовления «Гранулита» базовым нефтепродуктом, заменителем дизельного топлива, является отработанное моторное масло, основой которого являются углеводороды с большей, чем у дизельного топлива молекулярной массой, выкипающие при температуре 350-5000°С. Моторные масла, загущенные композицией присадок, не подвергаются окислению до температуры +2000°С, терморазложению, химически и физически стабильны в течение нескольких лет при содержании в закрытой емкости.

На сегодняшний день проблема использования отработанных масел стоит достаточно остро и требует эффективных способов и подходов к своему решению. Зачастую отработанные нефтепродукты, сливают в водоемы и в почву, не задумываясь о том, что его еще можно использовать в разных целях, тем самым загрязняя окружающую среду. Согласно стандартам ЕРА (основные стандарты Агентства по охране окружающей среды США (ЕРА) по обращению с отработанными маслами). Чтобы соответствовать определению отработанного масла, вещество должно иметь следующие три критерия: происхождение, применение, загрязняющие вещества. Следует учитывать загрязнение масла физическими или химическими примесями. Физические загрязняющие вещества могут включать металлическую стружку, опилки или грязь. Химические загрязняющие вещества могут включать растворители, галогены или минерализованную воду. Различных вариантов использования отработанного масла очень много: покрасить деревянный забор, использовать в



качестве смазки для инструментов, использовать для смазывания трущиеся детали велосипедов, использовать в качестве грунтовки для битумного покрытия и т.п. Но делать это можно, только если нет запрета производителя прибора.

Отработанное масло может быть утилизировано следующими способами:

1) Восстановление на месте использования: предусматривает удаление загрязняющих веществ из отработанного масла и его повторное использование. Хотя такая форма утилизации не восстанавливает масло в его исходное состояние, она продлевает срок его годности. Некоторые характерные качественные показатели дизельного топлива и моторных масел приведены в табл. 2.4.1.

Таблица 2.4.1. Показатели дизельного топлива и моторных масел

№№	Показатели	Дизельное топливо	Моторное масло	Моторное масло отработанное
1	Вязкость кинематическая, сСт при температуре: 29°C 50°C	1,8-3,2 -	- св. 35	- св. 35
2	Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	830	810	860
3	Температура вспышки, °C	35	190-210	100-120
4	Температура самовоспламенения, °C	230-315	400-470	520-630
5	Температура застывания, °C	-10÷-35	-15÷-40	-15÷-40
6	Механические примеси, %	отсутствуют	0,015	до 1,0
7	Наличие воды, %	отсутствует	следы	0÷2

2) Регенерация: предусматривает обработку отработанного масла, удаление загрязнений для использования в качестве основы нового смазочного масла. Регенерация продлевает срок годности масляного ресурса до бесконечности. Данная форма переработки является предпочтительной, так как она завершает цикл переработки путем повторного использования масла для производства того же продукта, которым отработанное масло было изначально, и, таким образом, экономит энергию и природное масло.

Применяемые в качестве жидкого горючего компонента отработанные масла охарактеризуются нестабильностью состава, наличием воды и механических примесей. Наличие в составе отработанного масла нерегламентированного количества парафинов способствует возрастанию вязкости, особенно в области отрицательных температур. Состав и строение углеводородов базового моторного масла иллюстрируют рисунки 2.4.1 и 2.4.2.

Вязкость компаунда, состоящего из смеси отработанных масел: масло гидравлическое TEBOILHYDRAVLICPOLAROIL 32, масло Лукойл TM-5 80W90 GL-5, масло моторное G-PROFIMSPLUS 15W40 C1-4/SL, масло TEBOIL SUPERHPD 10W30, масло Лукойл TM-5 85W140 216,5Л, масло M10Г2К SAE30, масло гидравлическое МГЕ-46В, для температурного диапазона от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-50^{\circ}\text{C}$ , полученная экстраполяцией данных для интервала от  $-9^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , составляет от 1720 до 31650 сП. (Подтверждающие данные представлены в отчете о выполнении научно-исследовательских работ по теме:

На рис. 2.4.1 – представлены химические соединения, входящие в состав базового моторного масла.

На рис. 2.4.2 – представлена структура углеводородов, входящих в состав моторного масла.

Разработка методик лабораторных, полигонных и опытно-промышленных испытаний. Проведение лабораторных испытаний (промежуточный). Этап 2. «Модернизация компонентного состава и разработка новой линейки составов простейших гранулированных взрывчатых веществ, способов их изготовления и технологии применения для условий открытой разработки в АО «СУЭК». Договор от «10» июня 2016 г № ТУГН-16/703У).

Для понижения температуры застывания масла используются депрессорные присадки. В качестве присадок применяют продукты полимеризации эфиров метакриловой кислоты и алкилирования фенола или нафталина хлорированным парафином. Механизм действия связан с изменением формы и размеров кристаллов парафинов, образующихся при охлаждении масла. В результате уменьшение площади взаимодействия твёрдой

и жидкой фаз охлаждённое масло остаётся текучим до более низкой температуры [48].

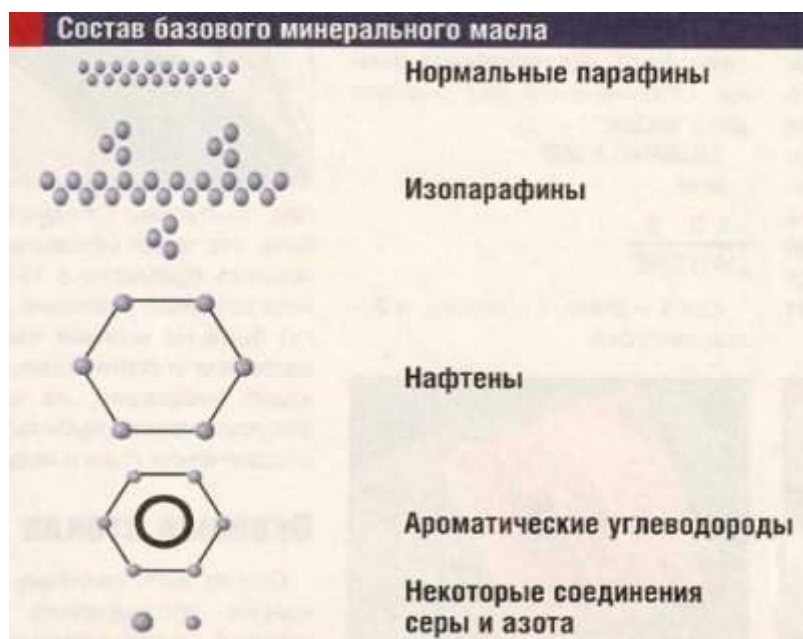


Рисунок 2.4.1. Химические соединения, входящие в состав базового моторного масла

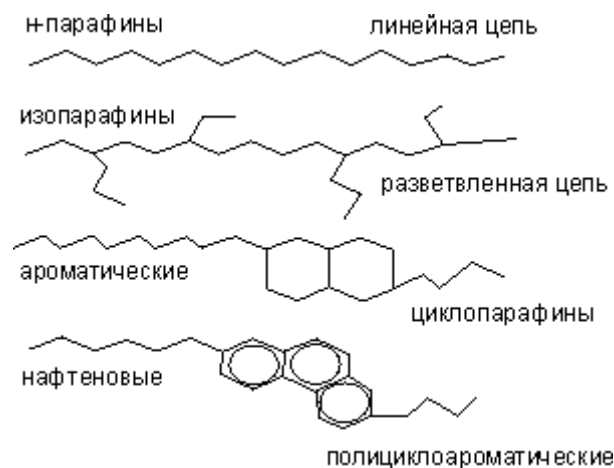


Рисунок 2.4.2. Структура углеводородов, входящих в состав моторного масла

Полимерные и сополимерные депрессорные присадки — антигели, имеющие в своем составе кислородсодержащие функциональные группы, — превосходят присадки других классов. По депрессии температуры застывания все присадки находятся на одном уровне [49].

Компаунд отработанных масел «ОАО разрез Тугнуйский» содержит масла групп ММО, МИО, что затрудняет выбор типа депрессорной присадки. На наш взгляд, при утилизации необходимо отдельный сбор отработанных

масел по группам в соответствии с ГОСТ 21046-86. Нефтепродукты отработанные. Сравнительные данные эффективности различных групп депрессорных присадок приведены в табл. 2.4.2, из которой видно, что расход некоторых групп присадок составляет от 0,01 до 0,1% по массе применяемых нефтепродуктов. С учетом использования нефтепродуктов в составе простейших ВВ равном 5% по массе количество присадок ориентировочно может составлять от 0,5 до 5 кг на 1 т ВВ.

Таблица 2.4.2. Сравнительные характеристики депрессорных присадок

Тип присадки	Молекулярная масса	Расход присадок, %масс.	Максимальная (оптимальная) депрессия, °С		
			$t_z$	$t_{\phi}$	$t_{\Pi}$
1	2	3	4	5	6
Сополимеры этилена и винилацетата	2000-3000	0,01-0,1	30 и более	15	отс.
Поли(мет)-акрилатные и их сополимеры	26000-35000	0,05	19-24	8-19	от 0 до 10
Полиолефиновые (сополимеры этилена и пропилена)	от 2000 до 90000	0,3	26-29	-	-
Полиолефиновые (полиэтилен)	-	0,05	19	7	-
Конденсационные (неполимерные)	ориентировочно от 1000 до 5000-10000	0,1-0,3	22-35	12-18	до 7

Указанные составы с добавлением угля, изготовленные из сухой гранулированной аммиачной селитры, обладают повышенной эффективностью взрыва и стабильностью состава по сравнению с гранулитом «игданит».

Одной из особенностей каменных углей является то, что они не содержат органических соединений, способных экстрагироваться насыщенным водным раствором аммиачной селитры и дизельным топливом. Таким образом, главным недостатком составов с добавкой угольного порошка является то, что их эффективность взрыва сильно зависит от влажности гранулированной аммиачной селитры. С увеличением ее влажности эффективность взрыва резко снижается.

Характеристиками качества каменного угля, влияющими на эффективность взрыва, являются следующие показатели:

- теплота сгорания;

- влажность;
- зольность;
- выход летучих веществ, то есть паро- и газообразных продуктов;
- содержание серы.

Последние 4 показателя влияют на теплоту сгорания угля, что, в свою очередь, оказывает влияние на теплоту взрывного превращения и эффективность взрыва. И, как было сказано ранее, влажность угля непосредственно сказывается на влажности аммиачной селитры, что негативно сказывается на эффективности взрыва.

В зависимости от параметров, характеризующих поведение углей в процессе термического воздействия, различают следующие марки углей.

Марка Т (тощий). Угли тощие характеризуются выходом летучих веществ от 8 до 15,9% с показателем отражения витринита от 1,3 до 2,59%; спекаемость отсутствует.

Марка Б (Бурый). Угли бурые характеризуются низким значением показателя отражения витринита (менее 0,6%) и высоким выходом летучих веществ (более 45%).

Бурые угли делятся в зависимости от влажности на технологические группы: 1Б (влажность свыше 40%), 2Б (30-40%), 3Б (до 30%).

Бурые угли Канско-Ачинского угольного бассейна представлены в основном группой 2Б и частично - 3Б (показатель отражения витринита 0,27-0,46%), бурые угли Подмосковского бассейна относятся к группе 2Б, угли Павловского и Бикинского месторождений (Приморский край) относятся к группе 1Б.

Марка Д (длиннопламенный). Угли длиннопламенные представляют собой угли с показателем отражения витринита от 0,4 до 0,79% с выходом летучих веществ более 28-30% при порошкообразном или слабоспекающемся нелетучем остатке.

Длиннопламенные угли не спекаются и относятся к энергетическим углям. Направления использования этих углей - энергетическое и

коммунально-бытовое топливо, поэтому их наиболее существенной характеристикой является теплота сгорания. При переходе к следующей марке ДГ теплотворная способность углей существенно увеличивается.

Марка ДГ (длиннопламенный газовый). Угли длиннопламенные газовые представляют собой угли с показателем отражения витринита от 0,4 до 0,79% с выходом летучих веществ более 28-30% при порошкообразном или слабоспекающемся нелетучем остатке. Эти угли являются переходными между углями марок Д и Г. От длиннопламенных углей они отличаются наличием спекаемости (толщина пластического слоя 6-9 мм, а от газовых с аналогичной спекаемостью – более незначительной хрупкостью и повышенной механической прочностью. Последнее обстоятельство обуславливает преобладание среди таких углей крупно-средних классов.

Марка Г (газовый). Угли газовые имеют две технологические группы. Витринитовые угли (показатель отражения витринита от 0,5 до 0,89%) с выходом летучих веществ 38% и более, при толщине пластического слоя от 10 до 12 мм образуют группу 1Г, витринитовые и инертинитовые угли с показателем отражения витринита 0,8–0,99%, выходом летучих веществ 30% и выше и толщиной пластического слоя от 13 до 16 мм образуют группа 2Г.

Влажность газового угля обычно не превышает 10%, зольность изменяется в пределах от 7 до 35% с преобладанием зольности 10-15%.

Марка ГЖО (газовый жирный отощенный). Угли газовые жирные отощенные по значениям выхода летучих веществ и толщины пластического слоя занимают промежуточное положение между углями марок Г и ГЖ.

Выделяют две технологические группы. В технологическую группу 1ГЖО выделены угли с показателем отражения витринита менее 0,8% и выходом летучих веществ менее 38%, с толщиной пластического слоя от 10 до 16 мм. В группу 2ГЖО входят угли с показателем отражения витринита 0,80-0,99%, выходом летучих веществ менее 38%, с толщиной пластического слоя 10-13 мм, а также угли с показателем отражения витринита 0,80-0,89% с выходом летучих веществ 36% и более при толщине пластического слоя 14-16мм.

Влажность марки ГЖО колеблется в пределах 6-8%, зольность – 6-40%. Содержание углерода изменяется в пределах 78-85%, водорода – от 4,8 до 6,0%, серы 0,2-0,8%.

Марка ГЖ (газовый жирный). Угли газовые жирные занимают промежуточное положение между марками углей Г и Ж и делятся на две группы.

Группа 1ГЖ объединяет угли с показателем отражения витринита 0,5-0,79%, выходом летучих веществ 38% и более и толщиной пластического слоя более 16 мм.

Группа 2ГЖ объединяет угли с показателем отражения витринита 0,8-0,99%, выходом летучих веществ 36% и более, толщиной пластического слоя 17-25 мм.

От газовых углей марка ГЖ отличается более высокой спекаемостью, а от углей марки Ж — более высоким выходом летучих веществ.

Марка Ж (жирный). Угли жирные подразделяются на две группы. К первой группе (1Ж) относятся угли с показателем отражения витринита 0,8-1,19%, выходом летучих веществ 28-35,9% и толщиной пластического слоя 14-17 мм. Ко второй группе (2Ж) относятся угли с показателем отражения витринита 0,8-0,99%, выходом летучих веществ 36% и более, при толщине пластического слоя 26 мм и более. К этой же группе относятся угли с такими же значениями показателя отражения витринита, но с выходом летучих веществ от 30 до 36% при толщине пластического слоя 18 мм и выше. Также в группу 2Ж включаются угли с показателем отражения витринита 1-1,19% с выходом летучих веществ не менее 30% при толщине пластического слоя не менее 18 мм.

Марка КЖ (коксовый жирный). Угли коксовые жирные выделяются как угли с показателем отражения витринита 0,9-1,29%, толщиной пластического слоя 18 мм, с выходом летучих веществ 25-30%.

В настоящее время угли этой марки не добываются.

Марка К (Коксовый). Угли коксовые характеризуются показателем отражения витринита от 1 до 1,29%, а также хорошей спекаемостью. Толщина

пластического слоя составляет 13-17 мм у углей с показателем отражения витринита 1,0-1,29% и 13 мм и выше с показателем отражения витринита 1,3-1,69%. Выход летучих веществ находится в пределах 24-24,9%.

Марка КО (Коксовый отомщённый). Угли коксовые отомщённые представляют собой угли с выходом летучих веществ, близким по значениям к коксовым углям, но с меньшей толщиной пластического слоя – 10-12 мм. Показатель отражения витринита – 0,8-0,99%.

Марка КСН (коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный). Угли коксовые слабоспекающиеся низкометаморфизованные характеризуются показателем отражения витринита от 0,8 до 1,09%. При коксовании без смешивания с другими углями они дают механически мало прочный, сильно истирающийся кокс.

Марка КС (Коксовый слабоспекающийся). Угли коксовые слабоспекающиеся характеризуются низкой спекаемостью (толщина пластического слоя 6-9 мм с показателем отражения витринита 1,1-1,69%).

Марка ОС (отощенный спекающийся). Угли отощенные спекающиеся имеют показатели отражения витринита от 1,3 до 1,8% и выход летучих веществ не более 21,9%. Толщина пластического слоя для группы 2ОС составляет 6-7 мм, а для группы 1ОС - 9-12 мм при витринитовом составе и 10-12 мм при фюзинитовом [48].

Влажность добытых углей марки ОС не превышает 8-10%. Зольность колеблется от 7 до 40%. Содержание серы в Кузнецком бассейне не превышает 0,6%, в Карагандинском достигает иногда 1,2%, в Донбассе 1,2-4,0%. Содержание углерода составляет 88-91%, водорода 4,2-5%.

Марка ТС (тощий слабоспекающийся). Угли тощие слабоспекающиеся характеризуются выходом летучих веществ менее 22% и весьма низкой спекаемостью (толщина пластического слоя менее 6 мм).

Влажность добытого угля марки ТС низкая - 4-6%. Зольность находится в пределах 6-45%. Содержание углерода 89-91%, водорода 4,0-4,8%. Содержание серы в углях Кузбасса 0,3-0,5%, Донбасса 0,8-4,5%.



Марка СС (слабоспекающийся). Угли слабоспекающиеся характеризуются показателем отражения витринита в пределах 0,7-1,79%, толщиной пластического слоя менее 6 мм и выходом летучих веществ, характерным для хорошо коксующихся углей марок Ж, КЖ, К, КС и ОС.

Влажность добытого угля достигает 8-9%. Зольность колеблется от 8 до 45%. Содержание серы обычно не превышает 0,8%. Содержание углерода колеблется от 74 до 90%, водорода от 4,0 до 5,0%.

Марка Т (тощий). Угли тощие характеризуются выходом летучих веществ от 8 до 15,9% с показателем отражения витринита от 1,3 до 2,59%; спекаемость отсутствует.

Марка А (антрацит). Антрациты объединяют угли с показателем отражения витринита более 2,59%. При выходе летучих веществ менее 8% к антрацитам относятся также угли с показателем отражения витринита от 2,2 до 2,59%.

На предприятиях СУЭК образуется большое количество разнообразных отходов, которые содержат в себе еще не использованную энергию. Почему бы не использовать некоторые отходы горного производства как источник энергии при ведении взрывных работ. В качестве компонентов взрывчатых смесей лучше использовать угли с минимальной зольностью и с минимальной влажностью.

В табл. 2.4.2 представлены марки и характеристики углей, добываемых на предприятиях АО СУЭК. В таблице:  $A^d$  – зольность, на сухое состояние топлива;  $W_t^r$  – влага общая, на рабочее состояние топлива.

Таблица 2.4.2. Зольность и влажность углей, добываемых на предприятиях АО СУЭК

Регион	Наименование предприятия	Зольность $A^d$ , %		Влага общая $W_t^r$ , %	
		средняя	предельная	средняя	предельная
1	2	3	4	5	6
Кузбасс	Шахта им. С.М. Кирова	9	10,5	10,3	10,5
		9	10,5	10,3	10,5

1	2	3	4	5	6
		30	35	11	14,5
		30	35	11	14,5
		28	30	11,5	13,5
		32	35	8	9,5
	Шахта им. 7 Ноября	14	16	8,5	10
		14	16	8,5	10
		19	23	8,2	9,4
		17	18	8,2	9,4
		22	27	8,2	9,4
	Шахта «Комсомолец»	9	10,5	9	10,5
		9	10,5	9	10,5
		32	35	11	14,5
		28	30	11	13,5
	Шахта «Егозовская»	5	6	8	10
		11	12	9,5	11
		11	12	9,5	11
		16,5	18	10	13
		16,5	18	10	12
	Шахта «Красноярская»	5	6	8	10
		10,8	11	9,5	10
		10,8	11	9,5	10
		15,5	20	10	13
		15,5	18	10	12
		20,3	23	9	12
	Шахта «Полысаевская»	8	10,5	5,5	7
		22,6	25	7,5	9,5
		21,5	23	7,5	9,5
		15,5	17	6,5	8
		15,5	17	6,5	8
		27,6	30	7,5	9,5
		17	20	12	14
	Шахта «Октябрьская»	17,5	25	9,5	11
17		18	9,5	11	
Шахта «Колмогоровская»	16	18	9,5	11	
	16	18	9,5	11	
	18,5	25	10,5	11	

1	2	3	4	5	6
	Шахта «Талдинская– Западная–1»	10,4	15,4	11,6	12
		10,4	13	11,6	12
		15	20	10	12
	Шахта «Талдинская– Западная–2»	11,5	16,8	12	15
		10,5	13	11,4	12
	Шахта №7	10,4	12,5	10	12
		10,4	12,5	10	12
		17,3	22,3	10	12
	Разрез «Заречный»	15,5	20	16,5	21
	Разрез «Майский»	15	20	15	18
	ШУ «Котинское»	11,5	12	10	12
		11,5	12	10	12
		11,5	12	10	12
	Разрез «Камышанский»	13,6	19	14,5	18

Как видно из таблицы, наиболее подходящими по технологическим характеристикам (по зольности и влажности) для использования в смесях с добавлением угольного порошка являются угли марок Гконц шахт им. Кирова и «Комсомольская», ДМ шахт «Егозовская» и «Красноярская», а также ГКОМ шахты «Полысаевская».

В качестве компонентов взрывчатых смесей лучше использовать угли с минимальной зольностью и с минимальной влажностью.

Таблица 2.4.3. Документ с информацией о состоянии компонента,  
о случайных примесях в компонентах угля и каучука

Наименование и обозначение показателя	Метод испытания (обозначение НД)	Результат испытания	Требования НД
1	2	3	4
Массовая доля общей влаги. $W_t^r$ , рабочего топлива	ГОСТ Р 52911-2013 (метод В 4)	<1,0 % (масс.)	Не более: 22,0
Зольность, $A^d$ , сухое состояние топлива	ГОСТ Р 55661-2013	(8,4±0,2) % (масс.)	Не более: 13,0

1	2	3	4
Массовая доля общей серы, $S_t^d$ , сухое состояние топлива	ГОСТ 8606-93	$(0,12 \pm 0,06) \%$ (масс.)	Не более: 1,0
Высшая теплота сгорания сухого топлива, $Q_s^d$	ГОСТ 147-2013	$(7197 \pm 43)$ кКал/кг	Не нормируется
Высшая теплота сгорания сухого беззольного топлива, $Q_s^{daf}$	ГОСТ 147-2013	7863	Не нормируется
Низшая теплота сгорания рабочего топлива, $(Q_i^r)$	ГОСТ 147-2013	7083	Средняя: 6000
Выход летучих веществ сухого беззольного топлива, $V^{daf}$	ГОСТ Р 55660-2013	$(6,5 \pm 0,2) \%$ (масс.)	Не более: 15,0

В таблице 2.4.3 представлен сопроводительный документ с информацией о состоянии компонента, о случайных примесях в компонентах угля и каучука, приготовленных для изготовления гранулитов. Аналогичные таблицы сопровождали каждую поставляемую партию подготовленных компонентов из углеродных отходов горного производства.

## 2.5. Использование каучука

Наименование, химический состав, структурная форма, характеристика и область применения синтетических каучуков приведена в табл. 2.5.1.

Кислород со временем присоединяется к молекулам каучука и изменяет физические свойства резины. Чтобы предупредить и затормозить этот процесс, в резину вводят противостарители. Ими обычно бывают различные фенолы, продукты взаимодействия ацетона с анилином и вещества других химических классов. На старение резины оказывают большое влияние ультрафиолетовые лучи [48].

Таблица 2.5.1. Характеристики синтетических каучуков

Наименование, отечественная марка 1	Химический состав 2	Структурная формула 3	Общая характеристика 4	Области применения 5
<b>Каучуки общего назначения</b>				
Изопреновые каучуки СКИ	Стереорегулярный полиизопропен с высоким содержанием звеньев 1,4-цис	$\left[ -\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CHCH}_2 - \right]_n$	Высокие прочность, сопротивление раздиру, эластичность, усталостная выносливость, хорошая износостойкость.	Шины, РТИ, обувь, кабельные резины, изделия бытового, пищ. и мед. назначения, эбониты и др.
Бутадиеновые каучуки СКД, СКДЛ, СКДЛПР	Стереорегулярные полибутадиены с высоким или средним содержанием звеньев 1,4-цис	$\left[ -\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CHCH}_2 - \right]_n$	Высокие износостойкость, эластичность, морозостойкость, усталостные св-ва	Шины, транспортные ленты и др., РТИ, кабельные резины, обувь, ударопрочный полистирол и др.
СКДСР, СКБ	Полибутадиены с повыш. содержанием звеньев 1,2	$\left[ -\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH} = \text{CH}_2) - \right]_n$	Высокие термостойкость, фрикционные св-ва	РТИ, обувь, асбестотехн. и электротехн. изделия
Бутадиен-стирольные каучуки СКС, СКМС	сополимеры бутадиена со стиролов или $\alpha$ -метилстиролом	$\left[ -\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CHCH}_2 - \right]_n - \left[ -\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} - \right]_m$	Хорошие прочность, износостойкость, сопротивление старению	Шины, РТИ, обувь, кабельные резины, широкий ассортимент изделий разл. назначения.

1	2	3	4	5
<b>Каучуки специального назначения</b>				
Бутилкаучук БК	Сополимерные изобутилена с 0,6-3,0% мол. изопрена	$\begin{array}{c} [-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-]_n- \\ -[-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2-]_m \end{array}$	Высокое газонепрониаемость, тепло-, озono-, атмосферo-, паро-, водостойкость, стойкость к действию к-т и щелочей, диэлектрич. св-ва	Автокамеры, теплостойкие и др. РТИ, электроизоляция, антикоррозионные покрытия, прорезиненные ткани и др.
Этилен-пропиленовые каучуки СКЭП, СКЭПТ	Сополимеры этилена с пропиленом (СКЭП) и третьим (диеновым) мономером (СКЭПТ)	$[-\text{CH}_2\text{CH}_2-]_n-[-\text{CH}_2\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-]_m$	Высокие тепло-, озono-, , атмосферостойкость, стойкость к окислению, действию к-т и щелочей, воды, высокие диэлектрич. св-ва	Автокамеры, теплостойкие и др. РТИ, губчатые изделия, прорезиненные ткани, изоляция проводов и кабелей
Хлоропреновые каучуки наирит	Полихлоропрен	$[-\text{CH}_2\underset{\text{Cl}}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2-]_n$	Высокие масло-, бензо-, озono-, атмосферостойкость, стойкость к действию агрессивных сред, негорючесть	маслобензостойкие РТИ, защитные оболочки проводов и кабелей, обкладка хим. аппаратуры, емкостей для нефтепродуктов, клей
Бутадиен-нитрильные каучуки СН	Сополимеры бутадиена с акрилонитрилом	$\begin{array}{c} [-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2-]_n- \\ [-\text{CH}_2\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-]_m \end{array}$	Высокие масло-, бензо-, теплостойкость	Маслобензостойкие РТИ, изоляц. и электропроводящие резины, каблуки и подошвы.

Набухание в жидкостях — одно из характерных свойств высокомолекулярных соединений. Изменение свойств резин при набухании связано с диффузией — проникновением молекул жидкости в межмолекулярные пространства каучука и ослаблением его межмолекулярных связей. Физическим изменениям резины сопутствуют и химические, поскольку после набухания резина более подвержена действию кислорода воздуха. Кроме того, жидкости могут экстрагировать из резины пластификаторы и другие растворимые ингредиенты, меняя ее состав и свойства [48].

Разброс физических и химических характеристик, которые присущи каучукам, латексам, другим исходным продуктам и резинам, вследствие особенностей их молекулярного строения, различий в условиях производства и испытаний очень велик.

Поэтому характеристики свойств необходимо рассматривать как средние или условные показатели, а не как абсолютные константы [12].

Старение каучуков и резин. Наличие двойных связей в каучуках и резинах вызывает в процессе длительного хранения их, а также при эксплуатации резиновых изделий изменения физических, химических и механических свойств, с частичной или полной утратой эластичности. Подобное изменение свойств каучуков и резины называется старением [48].

Можно предположить, что избыточное поглощение газа наполненными полимерами обусловлено как адсорбционными процессами на поверхности частиц наполнителя, так и механическим захватом пузырьков газа в виде аэрофлокул прилипающих к поверхности частиц, аналогично тому, как это имеет место при флотации. Отдельные участки на поверхности частиц наполнителя, например, сажи, неравноценны по своей физической и химической природе, что обуславливает различную сорбционную способность этих участков. Опыты по сорбции бутена на саже позволили установить, что наибольшее выделение тепла происходит при заполнении лишь 40% поверхности сажевых частиц монослоем молекул бутена. Возможность адсорбции газа на участках поверхности частиц наполнителя, не смоченных полимером, подтверждается в некоторых случаях высокой теплотой сорбции

газа, зависящей от степени дисперсности наполнителя, а также наличием адсорбционно-связанного газа на поверхности минеральных частиц до введения их в полимер. В других случаях, например, при введении инертных наполнителей — мела или барита, вероятность адсорбции невелика и большие значения коэффициентов сорбции, по-видимому, обусловлены присутствием механически захваченного при изготовлении смеси газа, пузырьки которого сохраняются в резине за счет фиксации ее структуры при вулканизации. Известно, что удаление газов из резиновых смесей в процессе вулканизации или путем предварительного вакуумирования минеральных наполнителей улучшает взаимодействие наполнителя с каучуком и повышает показатели механических свойств резины [48].

## **Выводы по главе 2**

Для изготовления промышленных зарядов взрывчатых веществ на горных предприятиях рекомендуется к использованию большой набор сырья, заменителей сырья и различных добавок.

1. Рекомендуют к использованию гладкую сельскохозяйственную аммиачную селитру, пористую аммиачную селитру разных заводов изготовителей, измельченную аммиачную селитру, поризованную аммиачную селитру.

2. Рекомендуют к использованию различные сорта дизельного топлива и более вязких нефтепродуктов. Рекомендуют к использованию

3. Рекомендуют к использованию многие сорта угольных порошков и коксов.

4. Рекомендуют к использованию различные виды дробленого каучука.

5. Рекомендуют к использованию различные добавки, присадки и красители.

Это открывает широкие возможности для создания новых марок простейших взрывчатых веществ, в максимальной степени приспособленных к условиям конкретных предприятий.



### **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ГРАНУЛИТОВ ИСУ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОНЕНТОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

#### **3.1. Линейка простейших взрывчатых веществ типа ИСУ**

Разработка новых рецептурных составов и способов изготовления простейших, гранулированных взрывчатых веществ типа ИСУ в ИПКОН РАН проводилась с целью расширения диапазона энергетических, детонационных и экономических показателей, обеспечивающих высокое качество подготовки взорванной горной массы и снижение себестоимости буровзрывных работ. Автор принимал творческое участие в этих разработках [28, 42, 43, 48].

Проведены теоретические исследования, разработан рецептурный состав семи видов взрывчатых веществ, входящих в линейку новых ВВ, проведены лабораторные и полигонные исследования, дана технико-экономическая оценка эффективности применения новых ВВ.

Разработаны и утверждены в установленном порядке технические условия на предлагаемые составы и регламент технологического процесса их изготовления

В разработанную линейку гранулитов входит семь гранулитов: ИСУ-1; ИСУ-2ТС; ИСУ-3У; ИСУ-4К; ИСУ-5Р; ИСУ-6Т и ИСУ-7П.

Компонентами этих гранулитов в разных сочетаниях являются: селитра аммиачная гранулированная, селитра аммиачная гранулированная поризованная, селитра аммиачная гранулированная пористая, селитра аммиачная дробленая, дизельное топливо, нефтепродукты отработанные, топливная смесь (ДТ+НПО), угольный порошок, мелочь коксовая У, резиновая крошка, маслорастворимые ПАВ, депрессорные присадки, красители [48].

Компонентный состав разработанных гранулитов приведен в табл. 3.1.1. Количество каждого компонента в смесевом ВВ представлено в процентах от суммарного веса смеси. В таблице указаны допустимые отклонения каждого компонента при формировании ИСУ.

Таблица 3.1.1. Компонентный состав разработанной линейки гранулитов

Наименование компонента	Норма, % для гранулита марки						
	ИСУ-1	ИСУ-2ТС	ИСУ-3У	ИСУ-4К	ИСУ-5Р	ИСУ-6Т	ИСУ-7П
Селитра аммиачная гранулированная	90,5±0,5	90,5±0,5	92,0±0,5	92,0±0,5	92,5±0,5		
Селитра аммиачная гранулированная поризованная						94,5±0,5	
Селитра аммиачная гранулированная пористая							94,5±0,5
Селитра аммиачная дробленая	4,5±0,5	4,5±0,5	2,5±0,5	2,5±0,5	2,0±0,5		
Дизельное топливо			3,0±0,5	3,0±0,5	3,5±0,5	5,5±0,5	5,5±0,5
Нефтепродукты отработанные	5,5±0,5						
Топливная смесь (ДТ+НПО)		5,5±0,5					
Угольный порошок			2,5±0,5				
Мелочь коксовая У				2,5±0,5			
Резиновая крошка					2,0±0,5		
Маслорастворимые ПАВ, сверх 100%	0,01	0,01					
Депрессорные присадки, сверх 100%	0,05						
Краситель, сверх 100%		0,001				0,001	0,001

По области применения гранулиты отнесены к взрывчатым веществам II класса. Они предназначены для разрушения горных пород с коэффициентом крепости 6-12 по шкале М.М. Протоdjяконова. Применяется механизированное зарядание гранулитами сухих и осушенных (без проточной воды) шпуров, скважин и камер на земной поверхности, в рудниках и шахтах не опасных по газу или пыли.

Гранулиты пригодны для применения во всех климатических районах в пределах температур от +50°С до -50°С.

Таблица 3.1.2. Внешний вид разработанных гранулитов

Тип ВВ и наименование показателей	Внешний вид и норма параметра показателей
ИСУ-1	Гранулы селитры с обмасленной поверхностью белого или светло-розового цвета.
ИСУ-2ТС	Гранулы селитры с обмасленной поверхностью светло серого цвета с бледным оттенком голубого.
ИСУ-3У, ИСУ-5Р, ИСУ-4К	Гранулы селитры с обмасленной поверхностью от темного до светлого серого цвета.
ИСУ-6Т, ИСУ-7П	Гранулы селитры с обмасленной поверхностью с бледным оттенком голубого.
Массовая доля влаги, % не более	1,5
Полнота детонации заряда от промежуточного детонатора в бумажной оболочке диаметром 160 мм	Полная

По внешнему виду, физико-техническим и взрывчатым показателям гранулит ИСУ должен соответствовать нормам, указанным в табл. 3.1.2.

Применение гранулитов для разрушения горных пород, содержащих сульфиды, требует осуществления дополнительных мероприятий, согласованных с разработчиком и органами Ростехнадзора.

В табл. 3.1.3. представлены неконтролируемые свойства линейки новых взрывчатых веществ. Численные значения определены в ходе проведения полигонных экспериментов. Среди них такие важнейшие свойства как: теплота взрыва, кислородный баланс, объем газов, скорость детонации, критический диаметр заряда, чувствительность к взрыву электродетонатора, к взрыву детонирующего шнура, чувствительность к удару, трению, способность к электризации, физическая стабильность, насыпная плотность, рекомендуемая плотность заряжания.

Таблица 3.1.3. Неконтролируемые физико-химические  
и взрывчатые показатели разработанной линейки гранулитов

№	Показатели	Значения						
		ИСУ-1	ИСУ-2ТС	ИСУ-3У	ИСУ-4К	ИСУ-5Р	ИСУ-6Т	ИСУ-7П
1	Теплота взрыва, кДж/кг (ккал/кг)	3700-3900						
2	Кислородный баланс, %	0-1,8						
3	Объём газов, л/кг	970-990						
4	Фугасность, см <sup>3</sup>	320-356						
5	Скорость детонации, км/с <sup>1</sup>	2,2-2,7 <sup>2</sup>					3,4-4	
6	Критический диаметр, мм: при насыпной плотности 850-950 кг/м <sup>3</sup> , в мягкой оболочке	20-160					40-43	
7	Чувствительность к ЭД и ДШ	Нечувствителен						
8	Чувствительность к удару, по ГОСТ 4545-88: нижний предел, мм; частота взрывов в приборе 1, %	250/0					250/0	
9	Чувствительность к трению на приборе К-44-3, по ГОСТ Р 50835-95, нижний предел, $\frac{кг}{см^2}$ %	$\frac{6000}{0}$					$\frac{6000}{0}$	
10	Способность к электризации при пневмозаряджании	Электризуется, требует защиты						
11	Газовая вредность (в том числе ядовитых при расчете на СО), л/кг	6-90						
12	Температура вспышки (при постоянной температуре с задержкой 60 с), С°	250						
13	Температурные условия применения	-50°...+50° С						
14	Физическая стабильность при 20° С	Достаточная						
15	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,85-0,95						
16	Критическая плотность, г/см <sup>3</sup>	1,25						
17	Рекомендуемая плотность заряджания, г/см <sup>3</sup>	1,0-1,2						

<sup>1</sup> - в пластиковой трубе диаметром 100 мм

<sup>2</sup> - в стальной трубе диаметром 45 мм

Все неконтролируемые физико-химические и взрывчатые показатели разработанной линейки гранулитов находятся в пределах, или близки к показателям ранее применяемых простейших взрывчатых веществ.

### **3.2. Компонентный состав гранулитов ИСУ, разработанных с участием автора**

По нашему предложению, заменить дизельное топливо отработанным моторным маслом, был разработан двух компонентный гранулит ИСУ- 2ТС, в котором дизельное топливо частично было заменено отработанным моторным маслом. Компонентный состав гранулита ИСУ- 2ТС следующий: аммиачной селитры ( $90,5\pm 0,5$ )%, дробленной аммиачной селитры ( $4,5\pm 0,5$ )%, смеси дизельного топлива с отработанным моторным маслом ( $5,5\pm 0,5$ )%.

Отработанное моторное масло является более вязким по сравнению с дизельным топливом. Оно повышает удерживающую способность нефтепродукта аммиачной селитрой. Это важное технологическое свойство вертикального промышленного заряда из гранулита ИСУ-2ТС позволяет удлинить время нахождения заряда в скважине от заряжания до взрыва при сохранении стабильности его взрывчатых и энергетических свойств. Это способствует улучшению качества дробления горных пород взрывом в производственных условиях, когда зарядание скважин осуществляется непрерывно несколько смен [36, 37].

Отработанное моторное масло является собственными отходами нашего горного производства. Оно подлежат утилизации. Утилизацию отходов отработанного моторного масла горное предприятие должно оплачивать сторонней организации.

Замена части дорогостоящего дизельного топлива бесплатным отработанным моторным маслом снижает себестоимость изготовления промышленных зарядов из гранулита ИСУ-2СТ, что положительно влияет на экономические показатели работы предприятия.

Главные достоинства гранулита ИСУ–2СТ в сравнении с игданитом, приготовленном с использованием дизельного топлива: его меньшая стоимость, более высокая стабильность его состава и его взрывчатых свойств, его возможность находиться более долгое время в скважине до проведения взрыва.

### **3.3. Замена дизельного топлива смесью угля с отработанным моторным маслом**

При разработке другого состава ИСУ мы предложили полностью заменить дорогое дизельное топливо смесью отработанного машинного масла с угольным порошком. Угольный порошок являются собственной продукцией горных угольных предприятий. Он поставляется на пункт изготовления гранулитов бесплатно.

Компонентный состав одного из таких гранулитов представляет собой трехкомпонентную смесь аммиачной селитры (95%), отработанного моторного масла (2,5%) и угольного порошка (2,5%), по весу.

Нашими исследованиями установлено, что в этой трехкомпонентной смеси соотношение компонентов не обязательно должно оставаться постоянным, чтобы сохранялся нулевой кислородный баланс при взрыве смеси. Меняя дозы отработанного моторного масла, угольного порошка, и изменяя их суммарную дозу в смеси, можно обеспечить нулевой кислородный баланс при взрыве смеси с разными дозами компонентов.

Разработанный нами инженерный метод расчета процентного соотношения по массе компонентов в смесевых простейших взрывчатых веществах и разработанная нами компьютерная программа позволяют рассчитать множество сочетаний компонентов этой смеси, обеспечивающих

Доля угольного порошка, откладываемая по оси  $X$ , может изменяться с любым шагом, но не должна выходить за пределы интервала 0-1. Доля отработанного моторного масла дополняет дозу угольного порошка до единицы.

На рис. 3.3.3 представлен фрагмент результатов компьютерного расчета соотношения компонентов в этой трехкомпонентной смеси, при ступенчатом изменении долей отработанного моторного масла и угольного порошка.

В первом столбце-векторе представлены ступенчато изменяемые относительные доли угольного порошка. Относительные доли угольного порошка изменяются с произвольно выбранным интервалом 0,1. Во втором столбце-векторе представлены ступенчато изменяемые относительные доли отработанного моторного масла, изменяемые с тем же интервалом 0,1. В любой строке их сумма всегда равна единице.

В третьем столбце-векторе процентное содержание дозы угольного порошка, в четвертом столбце-векторе процентное содержание дозы отработанного моторного масла, в пятом столбце-векторе процентное содержание суммы доз угольного порошка + отработанного моторного масла.

1	2	3	4	5	6
0.1	0.9	0.8	7.3	8.1	91.9
0.2	0.8	1.3	5.1	6.4	93.6
0.3	0.7	1.7	4	5.8	94.2
0.4	0.6	2.1	3.2	5.4	94.6
0.5	0.5	2.5	2.5	5	95
0.6	0.4	2.7	1.8	4.6	95.4
0.7	0.3	2.8	1.2	4.1	95.9
0.8	0.2	2.8	0.7	3.6	96.4
0.9	0.1	2.8	0.3	3.1	96.9
1	0	2.7	0	2.7	97.3

Рисунок 3.3.3. Результаты компьютерного расчета соотношения компонентов в смеси с угольным порошком

В шестом столбце-векторе представлено процентное содержание аммиачной селитры в смеси. Каждая строка в этой таблице представляет одну конкретную смесь компонентов с нулевым кислородным балансом.

Смесь, составленная по любой строке, обеспечивает нулевой кислородный баланс при ее взрыве. Из таблицы видно, что чем больше отработанного моторного масла в смеси, тем меньше аммиачной селитры в смеси.

Отработанное моторное масло снижает фактор стекания масла с гранул аммиачной селитры, но не исключает его полностью.

При добавлении угольного порошка снижается фактор стекания отработанного масла с гранул селитры. Поэтому выбор оптимального соотношения компонентов должен завершаться технологическим анализом, эффективности сохранения стабильности заряда в скважине с учетом фактора длительности нахождения заряда в скважине после зарядания.

#### **3.4. Замена дизельного топлива смесью каучука с отработанным моторным маслом**

При разработке другого состава ИСУ мы предложили полностью заменить дорогое дизельное топливо смесью отработанного машинного масла с каучуком. Каучук является отходом горных угольных предприятий, подлежащим утилизации. Он поставляется на пункт изготовления гранулитов бесплатно [36, 37].

На рис. 3.4.1 представлен график изменения доз в долях единицы в совместной дозе каучук + отработанное моторное масло. Соотношение доз каучука и отработанного моторного масла остается соответствующим графику и при условии изменения веса каучука с отработанным маслом [68, 69, 70].

Доля каучука, откладываемая по оси X, может изменяться с любым шагом, но не должна выходить за пределы интервала 0-1. Доля отработанного моторного масла дополняет дозу каучука до единицы.

На рис. 3.4.2 представлен фрагмент результатов компьютерного расчета соотношения компонентов в этой трехкомпонентной смеси, при ступенчатом изменении долей отработанного моторного масла и каучука.





Рисунок 3.4.1. Соотношение доз каучука и отработанного моторного масла, в долях единицы

В первом столбце-векторе представлены ступенчато изменяемые относительные доли каучука. Относительные доли каучука изменяются с произвольно выбранным интервалом 0,1. Во втором столбце-векторе представлены ступенчато изменяемые относительные доли отработанного моторного масла, изменяемые с тем же интервалом 0,1. В любой строке их сумма всегда равна единице.

1	2	3	4	5
0.1	0.8	7.3	8.1	91.9
0.2	1.3	5.2	6.5	93.5
0.3	1.7	4.1	5.8	94.2
0.4	2.2	3.3	5.5	94.5
0.5	2.6	2.6	5.2	94.8
0.6	2.9	1.9	4.8	95.2
0.7	3	1.3	4.3	95.7
0.8	3.1	0.8	3.8	96.2
0.9	3	0.3	3.3	96.7
1	2.9	0	2.9	97.1

Рисунок 3.4.2. Результаты компьютерного расчета соотношения компонентов в смеси с каучуком

В третьем столбце-векторе процентное содержание дозы каучука, в четвертом столбце-векторе процентное содержание дозы отработанного

моторного масла, в пятом столбце-векторе процентное содержание суммы доз каучука + отработанного моторного масла. В шестом столбце-векторе представлено процентное содержание аммиачной селитры в смеси. Каждая строка в этой таблице представляет одну конкретную смесь компонентов с нулевым кислородным балансом.

Смесь, составленная по любой строке, обеспечивает нулевой кислородный баланс при ее взрыве. Из таблицы видно, что чем больше отработанного машинного масла в смеси, тем меньше аммиачной селитры в смеси, и тем дешевле ВВ.

При добавлении каучука снижается фактор стекания отработанного масла с гранул селитры. Поэтому выбор оптимального соотношения компонентов должен завершаться технологическим анализом, эффективности сохранения стабильности заряда в скважине с учетом фактора длительности нахождения заряда в скважине после зарядания.

На рис. 3.4.3 и 3.4.4, представлены графические зависимости, от доли каучука, доз каучука и отработанного моторного масла, а также их суммы, в процентах к любой массе промышленного заряда.

На рис. 3.3.3 представлены графики изменения доз: каучука (коричневая сплошная линия), моторного масла (синяя точечная линия), и их суммарного процента (зеленая пунктирная линия).

Линии визуально показывают активную динамику изменения процентного содержания каучука и моторного масла в смеси для достижения нулевого кислородного баланса при взрыве промышленных зарядов гранулитов этой серии.

На рис. 3.4.4 представлен график изменения зависимости, от доли каучука, дозы аммиачной селитры в процентах от массы заряда, в промышленном заряде любой массы. Доза аммиачной селитры в этой смеси изменяется от 91,9% до 97,1%.

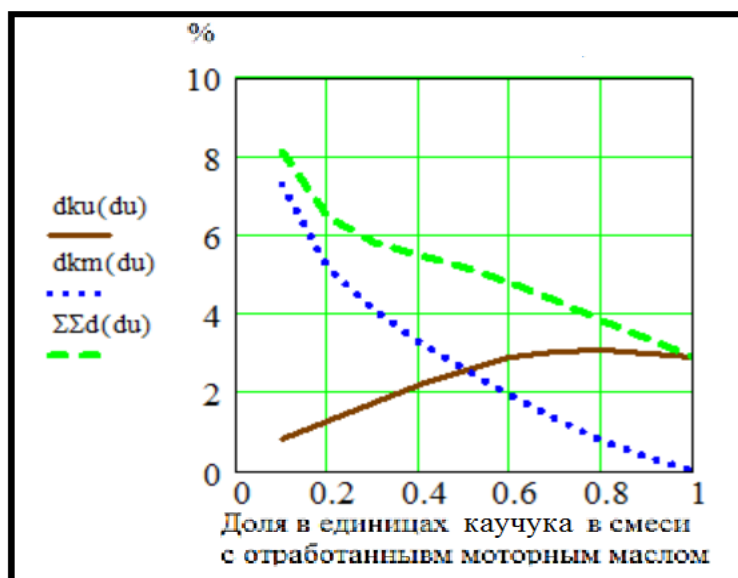


Рисунок 3.4.3. Изменение относительного соотношения каучука, моторного масла и их суммарной величины в смеси

Чем больше, в заданных пределах, отработанного моторного масла в этой смеси, тем меньше в смеси селитры, тем дешевле гранулит, но присутствует факт стекания масла. Тем меньше времени заряд должен находиться в скважине с момента зарядания до его взрывания.

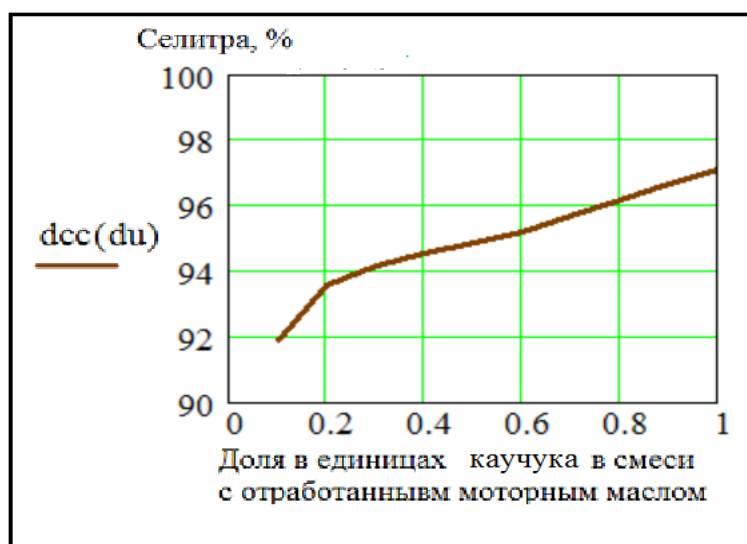


Рисунок 3.4.4. Изменение дозы селитры при изменении относительного соотношения каучука и моторного масла в смеси

Чем больше, в заданных пределах, каучука в этой смеси, тем больше в смеси селитры, тем дороже гранулит. Тем больше времени заряд может находиться в скважине с момента зарядания до его взрывания без ухудшения

качества дробления горных пород взрывом. Но при этом нужно обеспечить хорошее перемешивание компонентов в заряде и надежность детонации скважинного заряда.

### **Выводы по главе 3**

1. Дано описание компонентного состава и технологических свойств гранулита ИСУ – 2СТ свойств в сравнении с классическим игданитом.

2. Выполнен расчет группы новых составов простейших взрывчатых веществ, в которых дизельное топливо полностью заменено отходами нашего производства, угольным порошком в смеси с отработанным моторным маслом.

3. Выполнен расчет группы новых составов простейших взрывчатых веществ, в которых дизельное топливо полностью заменено отходами нашего производства, дробленным каучуком в смеси с отработанным моторным маслом.

## **ГЛАВА 4. ДРОБЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ НОВЫХ ВВ**

### **4.1. Подготовка аммиачной селитры к заряданию шпуров и скважин**

На конкретном горном предприятии гранулированная аммиачная селитра, одного или двух сортов, конкретных заводов изготовителей, хранится на складе аммиачной селитры. Не требуются выполнять особые мероприятия по подготовке аммиачной селитры к формированию промышленных зарядов с ее использованием.

Существуют обязательные требования к условиям хранения аммиачной селитры на складе.

В складе аммиачной селитры должны поддерживаться температура и влажность в определенном диапазоне. Аммиачная селитра повышенной влажности хуже смешивается с нефтепродуктами, и качество простейших взрывчатых веществ, приготовленных из увлажненной аммиачной селитры, ухудшается. При некоторых температурных условиях меняется структура аммиачной селитры и ее качество, как компонента взрывчатого вещества, ухудшается.

На складе не целесообразно размещать большие запасы аммиачной селитры, не соизмеримые с объемами ее потребления. При долгом хранении аммиачной селитры на складе, она может слеживаться, приобретать комкообразный вид. Такую аммиачную селитру перед употреблением необходимо разрыхлять, на чего требуются специальные приспособления, время и затраты труда.

Организация работ на складе, по размещению новых партий аммиачной селитры и по забору со склада очередной партии аммиачной селитры для использования, должна быть такой, при которой не образуются места непрерывного обновления аммиачной селитры и места застойного хранения аммиачной селитры, в которых селитра неминуемо слеживается.

Разгрузка аммиачной селитры на складе из железнодорожных вагонов и ее погрузка в емкости доставочных машин на комплекс по приготовлению ВВ, или на комплекс по подготовке компонентов ВВ, осуществляется механизированным способом с использованием складского оборудования, специальных складских механизмов, и с использованием доставочных или смесительно-доставочных машин.

При подземной разработке месторождений полезных ископаемых аммиачная селитра доставляется в район ведения взрывных работ в специально оборудованных вагонетках.

В подземных условиях широко применяется пневмодоставка и пневмозаряжание шпуров и скважин. При пневмотранспортировании аммиачной селитры по шлангам, значительная ее часть измельчается. Изменяются условия перемешивания компонентов простейших взрывчатых веществ и существенно изменяются условия удерживания нефтепродуктов на поверхности гранул и дробленной селитры. Эти процессы трудно предсказуемые и трудно контролируемые.

Но, тем не менее, меры по повышению удерживающей способности гранул аммиачной селитры, разработанные для открытых горных работ, механически переносить в подземные условия, рискованно.

#### **4.2. Подготовка отработанного моторного масла к заряданию шпуров и скважин**

В отработанном моторном масле присутствуют: атмосферная пыль, влага, продукты износа деталей машин в виде твердых частичек, а также продукты полимеризации углеводородов масла, и компоненты его присадок. Эти примеси, хотя и приводят к изменению качественных показателей масел, не влияют на качество гранулита, приготовленного с использованием отработанного моторного масла.

При заборе отработанного моторного масла из мест концентрации и длительного хранения в емкости доставочных или смесительно-зарядных

машин, откачивать отработанное масло нужно так, чтобы твердый осадок и легкие, всплывшие наверх емкости хранилища частицы, не попадали в емкость доставочных машин.

Применяемые в технологии изготовления гранулита отработанные нефтепродукты должны пройти очистку от механических примесей (методом фильтрования и/или центрифугирования).

Отработанные нефтепродукты, используемые предприятиями для собственных нужд, собирают по маркам, сортам, группам или подгруппам в соответствии с нормативно-технической документацией.

Отработанные моторные, компрессорные, вакуумные и промышленные масла, соответствующие требованиям табл. 4.2.1

Таблица 4.2.1. Требования безопасности при работе с отработанными нефтепродуктами

Наименование показателей	Норма для группы		
	ММО	МИО	СНО
1. Условная вязкость, при 20 С, или кинематическая вязкость при 50°С, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	Св. 40 Св. 35	13-40	5-35
2. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	100	120	
3. Массовая доля механических примесей, %, не более	1	1	1
4. Массовая доля воды, %, не более	2	2	2
5. Содержание загрязнений	ОТСУТСТВИЕ		
6. Массовая доля фракций, выкипающих до 340°С, %, не более	10	10	
7. Температура застывания фракций, выкипающих выше 340 °С, не выше	-10	-10	

Отработанные промышленные масла и рабочие жидкости для гидросистем, газотурбинные, приборные, трансформаторные и турбинные масла, соответствующие требованиям ГОСТ 21046-86.

Отработанные нефтепродукты по физико-химическим показателям должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в табл. 4.2.1.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров углеводородов, отработанных нефтепродуктов в воздухе рабочей зоны 300 мг/м (по алифатическим соединениям, в пересчете на углерод - см. ГН 2.2.5Л313-03) и к

3-му классу опасности с предельно допустимой концентрацией масляного тумана 5 мг/м.

По токсичности отработанные нефтепродукты относятся к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007-76 (вещества малоопасные).

Контроль паров углеводородов в воздухе рабочей зоны должен производиться в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88.

Предельно допустимая концентрация паров углеводородов определяется универсальным газоанализатором УГ-2 или аналогичных ему.

При работе с отработанными нефтепродуктами необходимо применять индивидуальные средства защиты: перчатки из дисперсии этилкаучука или маслобензостойкие НКЛ, сапоги резиновые формовые, защищающие от нефти, нефтепродуктов и жиров, очки.

Помещения и лаборатории, в которых проводятся работы с отработанными нефтепродуктами, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.021-75.

При разливе отработанного нефтепродукта на открытой площадке место разлива засыпать песком и удалить его.

3.6.2.6 Средства тушения распыленная вода, пена, при объемном тушении: порошковые составы, углекислый газ, составы СЖБ (жидкостно-бромэтиловые), перегретый пар, песок, кошму и другие.

При горении выделяются токсичные газы: оксид углерода (угарный газ), диоксид серы.

Резервуары, автоцистерны и рукава во время слива и налива отработанных нефтепродуктов должны быть заземлены.

Транспортирование и хранение отработанных нефтепродуктов должно осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 1510-84.

#### **4.3. Подготовка добавки угля и каучука к заряданию шпуров и скважин**

В некоторые простейшие взрывчатые вещества помимо аммиачной селитры и других компонентов вводят горючую добавку в виде смеси жидкого



топлива и угольного порошка, одновременно являющегося разрыхлителем, благодаря которому горючее перестает стекать с гранул аммиачной селитры.

Эффективность добавки угольного порошка зависит от влажности гранулированной аммиачной селитры. С увеличением ее влажности эффективность взрыва снижается.

*Требования к Коксовой мелочи и резиновой крошке.*

Основные характеристики и свойства. Коксовая мелочь образуется в процессе переработки угля. Основные нормируемые физико-химические показатели коксовой мелочи представлены в табл. 4.3.1.

Технические характеристики коксовой мелочи, производимой на ОАО "ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат":

Мелочь коксовая. Соответствует государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам: ГН 2.2.5.1313-03 "ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны", ГН 2.1.6.1338-03 "ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест", СП 2.2.2.1327-03 "Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочим инструментам".

"Мелочь коксовая ТУ 0763-199-00190437-2004"

Крошка резиновая, каучуковая изготовленная по ТУ 2511-001-33068450-2014 имеет фракции 0,1-0,63 мм и 0,63-1,5 мм и следующие основные характеристики:

- влажность -5,0%;
- насыпная плотность – 750 кг/м<sup>3</sup>;
- содержание каучука 31%;
- предел прочности на разрыв -2,5 МПа.

Для производства смесевых гранулированных взрывчатых смесей рекомендуется применять резиновую крошку фракции менее 1,0 мм.

Таблица 4.3.1. Основные нормируемые физико-химические показатели коксовой мелочи

Наименование и обозначение показателя	Метод испытания (обозначение НД)	Результат испытания	Требования НД
Массовая доля общей влаги. ( $W_t^r$ ), рабочего топлива	ГОСТ Р 52911-2013 (метод В 4)	<1,0 % (масс.)	Не более: 22,0
Зольность, ( $A^d$ ), сухое состояние топлива	ГОСТ Р 55661-2013	(8,4±0,2) % (масс.)	Не более: 13,0
Массовая доля общей серы, ( $S_t^d$ ), сухое состояние топлива	ГОСТ 8606-93	(0,12±0,06) % (масс.)	Не более: 1,0
Высшая теплота сгорания сухого топлива, ( $Q_s^d$ )	ГОСТ 147-2013	(7197±43) кКал/кг	Не нормируется
Высшая теплота сгорания сухого беззольного топлива, ( $Q_s^{daf}$ )	ГОСТ 147-2013	7863	Не нормируется
Низшая теплота сгорания рабочего топлива ( $Q_i^r$ )	ГОСТ 147-2013	7083	Средняя: 6000
Выход летучих веществ сухого беззольного топлива, ( $V^{daf}$ )	ГОСТ Р 55660-2013	(6,5±0,2) % (масс.)	Не более: 15,0

Транспортирование должно осуществляться в закрытом транспорте в мешках, исключающих попадание грязи и влаги.

Хранение резиновой крошки допускается только на закрытом складе. Условия хранения должны исключать возможность попадания влаги, солнечных лучей и загрязнений.

Каучуковая крошка относится к группе нетоксичных материалов и согласно классификации вредных веществ по ГОСТ 12.1007-76 относится к 4-му классу опасности.

При выполнении технологических работ необходимо выполнять требования общих правил безопасности по ГОСТ 12.2.003-91, а при погрузо-разгрузочных работах требования ГОСТ 12.3.009-76.

Оборудование для механического измельчения сырья должно иметь устройства защитного отключения по ГОСТ 12.4.155-85 размыкания электрической сети при открывании крышек, кожухов, защит. Уровень защиты от электрического поражения персонала должно соответствовать ГОСТ 12.1.003-83.

Общие требования безопасности к очистке воздуха в рабочей зоне должны соответствовать ГОСТ 12.1.005-88.

Уровень освещения в рабочей зоне и производственных помещениях должен соответствовать требованиям ГОСТ ИСО 8995-2002.

Характеристиками свойствами каменного угля, влияющими на эффективность взрыва, являются следующие: теплота сгорания, влажность, зольность, содержание серы. Эти недостатки преодолеваются выбором марки углей, у которых эти свойства отсутствуют или находятся в допустимых пределах.

При подготовке добавки угля на конкретном предприятии нужно решить следующие задачи.

Выбрать, из имеющихся на предприятии, пригодную марку угля. Загрузить в транспортное средство нужную порцию угля. Во время загрузки вручную выбросить максимально возможное количество зольных кусков породы. Измельчить уголь до мелких фракций меньше установленного размера. Доставить угольный порошок в емкость комплекса по приготовлению компонентов или в емкость смесительно-зарядной машины.

На горных предприятиях накоплен большой объем резиновых колесных покрышек, отслуживших свой срок работы. Эти отходы горного производства успешно можно использовать в качестве каучуковых заменителей части отработанного моторного масла при изготовлении простейших взрывчатых веществ. Разработаны и используются механизмы измельчения покрышек с целью получения резиновой крошки разной крупности, (каучуковой крошки).

Для подготовки каучуковой крошки, как компонента взрывчатого вещества, нужно необходимый объем колесных покрышек доставить на пункт

измельчения. Измельчить покрышки. Очистить измельченный каучук от резиновых обломков конструктивных элементов покрышек. Доставить и загрузить каучуковую крошку в емкость комплекса по подготовке компонентов или в емкость смесительно-зарядной машины.

#### **4.4. Формирование промышленных зарядов с компонентами из углеродных отходов горного производства**

Предложенные нами новые составы простейших гранулированных взрывчатых веществ с частичной или полной заменой дизельного топлива отходами горного производства, отработанным моторным маслом, угольными порошками и каучуком, были подвергнуты лабораторным, полигонным и опытно-промышленным испытаниям.

В лабораторных испытаниях исследовали изменение вязкости отработанного моторного масла с использованием ротационного вискозиметра. Определяли структуру аммиачной селитры и строение поверхности ее гранул, структуру и размеры угольной пыли и каучуковой крошки.

При проведении полигонных испытания: определяли: полноту детонации в оболочке (по ГОСТ 14839.19-69); определяли способность к передаче детонации на расстояние (по ГОСТ 14839.15-69); определяли скорость детонации заряда, определяли критический диаметр заряда, с использованием метода конического заряда.

В полигонных условиях определяли скорость детонации приготовленного взрывчатого вещества с компонентами из углеродных отходов горного производства.

Для оценки полноты детонации зарядов, контрольных образцов гранулитов ИСУ, на полигоне стационарного пункта приготовления невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ ООО «Управление по буровзрывным работам – Тугнуйский филиал», были выполнены полигонные испытания в соответствии с «Методикой полигонных испытаний гранулитов ИСУ», Методика разработана ИПКОН РАН им

академика Н.В. Мельникова, и согласована с техническим директором АО «Разрез Тугнуйский». Для этого были сформированы заряды в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм длиной 100-105 см. Для оценки полноты детонации зарядов были использованы металлические пластины размером 25x25 см и толщиной 10 мм. Результаты полигонных испытаний представлены в Акте полигонных испытаний.

Опытно-промышленные испытания в производственных условиях включали: определение скорости детонации скважинных зарядов; определение гранулометрического состава взорванной горной массы на взрываемом блоке; оценку параметров зоны регулируемого дробления, сравнительной работоспособности зарядов различного диаметра, выполнение технико-экономической оценки замены.

Скорость детонации, в том числе и вдоль скважинного заряда, измеряли в производственных условиях с использованием прибора «Handitrap».

На рис. 4.4.1 представлен внешний вид прибора и схема установки регистрирующего кабеля в скважинах. Монтаж датчиков выполняется на шнуре из неэлектропроводящего материала. Датчики крепили к шнуру с помощью тонкой липкой ленты. Их концевые провода вытянуты в сторону устья скважины.

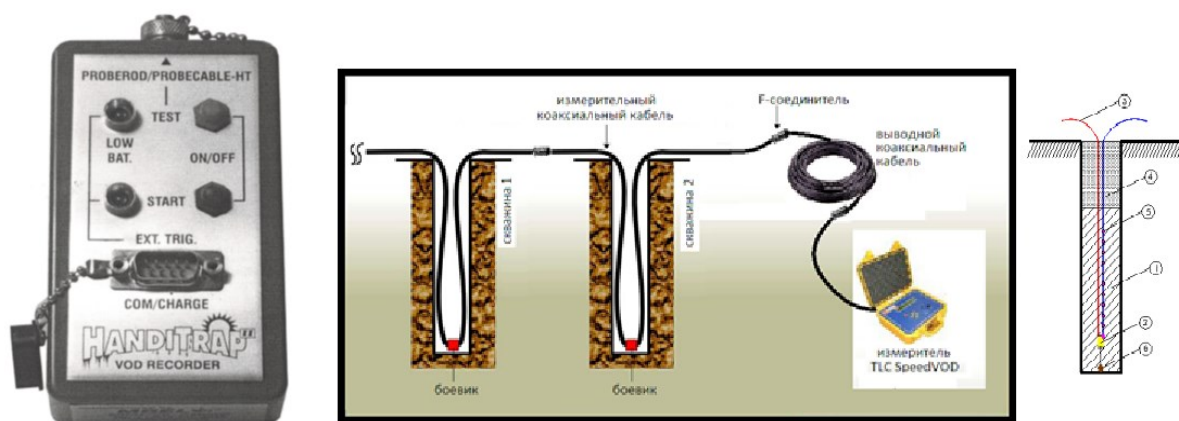


Рисунок 4.4.1. Общий вид прибора для измерения скорости детонации по длине скважины и схема установки регистрирующего кабеля в скважинах

Расстояние между датчиками выбирали исходя из возможностей измерительного прибора и условий эксперимента.

Устанавливали гирлянды с датчиками в скважинном заряде так, чтобы датчики находились выше точки инициирования.

При проведении испытаний новых взрывчатых веществ «Гранулитов ИСУ» в угольных разрезах главными измеряемыми и оценочными параметрами были; скорость детонации, полнота детонации, стабильность заряда вдоль скважины и во времени после заряжания скважины, качество дробления горной массы и экономическая эффективность.

Гранулометрический состав раздробленной породы измеряли в разных разрезах одним из двух экспериментальных способов.

Измеряли грансостав с использованием Компьютерного метода и компьютерной программы, разработанных в ИПКОН РАН группой сотрудников под руководством С.Д. Викторова. Экспериментально измеряли грансостав с использованием кумулятивных кривых.

На рис. 4.4.2в качестве иллюстрации представлена одна из стадий обработки фотопанограммы. На фотопанограмме хорошо видны две рейки заданной длины. Конечные точки этих реек образуют масштабирующий квадрат на блоке.

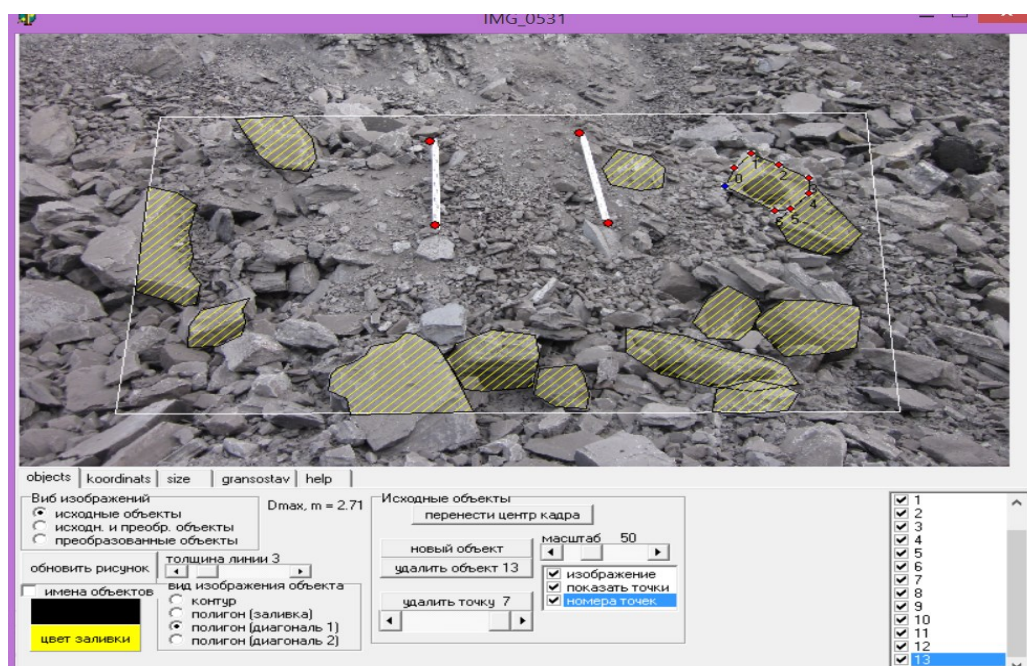


Рисунок 4.4.2. Стадия обработки фотопанограммы

На рис. 4.4.3в качестве иллюстрации представлена итоговая таблица грансостава по 6 фотопланограммам одного карьерного блока и по блоку в целом.

The screenshot shows the 'определение грансостава' (determination of granulometric composition) window. On the left, a list of image files (IMG\_0531 to IMG\_0536) is checked. Below it, a table defines fraction boundaries:

границ диапазонов 4	i	d, mm
1		300
2		600
3		1000
4		1500

The main form contains fields for: 'выполнил замеры' (performed measurements), 'служба, отдел, цех' (department), 'тип (разва, забой экскаватора)' (excavator type) and 'должность' (position), 'время выполнения замеров' (9:31:19) and 'номер цеха' (shop number), 'дата выполнения замеров' (14.10.2008) and 'номер блока' (block number). A table shows the results:

фракции, мм	%
< 300	75.4
300 - 600	11.4
600 - 1000	6.2
1000 - 1500	3.3
>= 1500	3.7

Buttons at the bottom include 'Вычисление грансостава' (Calculation of granulometric composition) and 'Запись информации в Excel' (Save information to Excel). The 'Разброс (%)' (Dispersion) is 17.094861.

Рисунок 4.4.3. Таблица грансостава по шести фотопланограммам одного карьерного блока и по блоку в целом

Эти измерения сделаны с использованием Компьютерного метода и компьютерной программы, разработанных в ИПКОН РАН группой сотрудников под руководством Сергея Дмитриевича Викторова.

На поверхности развала сделано шесть фотопланограмм в соответствии с инструкцией пользователя программой «Грансостав-2008». Каждая фотопланограмма подвергнута компьютерной обработке.

В левом верхнем углу поименованы все шесть обработанных фотопланограмм Блока. Если мы будем ставить галочки перед любой фотопланограммой и нажимать на кнопку «Вычисление грансостава», то будет высвечиваться грансостав по фотопланограмме отмеченной галочкой.

А если мы поставим галочки перед всеми фотопланограммами и нажмем кнопку «Вычисление грансостава», то будет высвечиваться совместный грансостав по всем фотопланограммам.

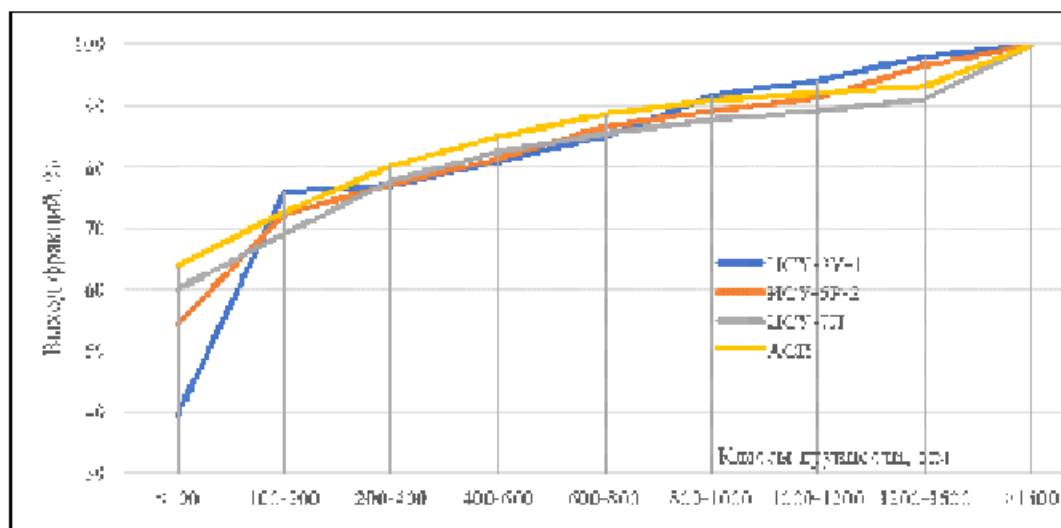


Рисунок 4.4.4. Кумулятивные кривые гранулометрического состава отбитой горной массы

Применялся в экспериментах и другой ранее распространенный способ определения грансостава с использованием кумулятивных кривых.

На рис. 4.4.4 представлены экспериментальные кумулятивные кривые по четырем типам ВВ. На рис. 4.4.5 представлены результаты экспериментального определения грансостава по кумулятивным кривым.

	ИСУ-ЗУ-1		ИСУ-5Р-2		ИСУ-7П		АСП	
<100	39,2	39,2	54,2	54,2	60	60	63,7	63,7
100-200	36,7	75,9	18,1	72,3	9,1	69,1	9	72,7
200-400	1,1	77	4,9	77,2	8,7	77,8	7,4	80,1
400-600	4	81	4,1	81,3	4,7	82,5	4,8	84,9
600-800	3,8	84,8	5,3	86,6	3	85,5	3,8	88,7
800-1000	6,8	91,6	2,6	89,2	2,2	87,7	2,3	91
1000-1200	2,5	94,1	2,1	91,3	1,6	89,3	1	92
1200-1500	4	98,1	5,3	96,6	1,8	91,1	1,1	93,1
>1500	1,9	100	3,4	100	8,9	100	6,9	100

Рисунок 4.4.5. Экспериментальные результаты определения грансостава с использованием кумулятивных кривых

Для каждого испытываемого состава, а таблице приведены два столбика под каждым ВВ. В первом столбце процент выхода по каждой фракции, во втором столбце суммарное нарастание процента выхода фракций вдоль кумулятивной кривой.



Для оперативной оценки экономической эффективности приготовления взрывчатых смесей, и для их сравнения между собой по фактору стоимости приготовления, с учетом расходуемых материалов, нами разработана компьютерная программа.

На рис. 4.4.6 представлен фрагмент компьютерной программы расчета экономической эффективности много компонентных смесей взрывчатых веществ, при замене компонентов и при изменении соотношения одних и тех же компонентов в смеси. В программу введены стоимости различных сортов селитры, стоимости заменяемых ВВ, расчетные объемы компонентов. Компьютерная программа позволяет быстро, и без субъективны ошибок, рассчитать экономическую эффективность различных комбинаций на стадии выбора конкретной смеси. Эффективность становится одним из поисковых факторов.

Стоимость гладкой селитры в 100 т смеси АС-ДТ		
$C_{сг} := \frac{Мз \cdot 94.5}{100} \cdot zsg$	$C_{сг} = 1442543$	руб./ 100т ВВ
Стоимость дизельного топлива в 100 т использованных зарядах		
$C_{дт} := \frac{Мз \cdot 5.5}{100} \cdot zdt$	$C_{дт} = 183249$	руб./ 100т ВВ
Стоимость 100 т классической смеси АС-ДТ		
$C_k := C_{сг} + C_{дт}$	$C_k = 1625792$	руб./ 100т ВВ
Стоимость гладкой селитры в 100 т предлагаемой смеси		
$C_c(du) := dec(du) \cdot zsg$		руб./ 100т ВВ
Стоимость мелких фракций угля в 100 т предлагаемой смеси		
$C_{уп}(du) := dku(du) \cdot up$		руб./ 100т ВВ
Стоимость моторного масла в 100 т предлагаемой смеси		
$C_{мм}(du) := dkm(du) \cdot mm$		руб./ 100т ВВ
Стоимость 100 т предлагаемой смеси		
$C_{спг}(du) := C_c(du) + C_{уп}(du) + C_{мм}(du)$		руб./ 100т ВВ
Экономический эффект от внедрения 100 т предлагаемой смеси		
$Эпег(du) := C_k - C_{спг}(du)$		руб./ 100т ВВ
Экономический эффект от внедрения любой массы Мф предлагаемой смеси		
$Эпегф(du) := \frac{0.01 \cdot Мф \cdot Эпег(du)}{1000000}$		млн.руб./1000г

Рисунок 4.4.6. Фрагмент компьютерной программы расчета экономической эффективности много компонентных смесей взрывчатых веществ

На рис. 4.4.7 представлена компьютерная таблица построчного расчета экономической эффективности от замены эмульсионного ВВ, на смесь гладкой аммиачной селитры с компонентами из углеродных отходов горного производства. Каждая строка в таблице, это конкретное ВВ с выбранным соотношением компонентов.

В программу введены стоимости различных сортов селитры, стоимости заменяемых ВВ, расчетные объемы компонентов. Компьютерная программа позволяет быстро, и без субъективны ошибок, рассчитать экономическую эффективность различных комбинаций на стадии выбора конкретной смеси. Эффективность становится одним из поисковых факторов.

На рис. 4.4.7 представлена компьютерная таблица построчного рассчитанного экономического эффекта при замене пористой селитры гладкой селитрой (второй столбец) и при замене поризованной селитры гладкой селитрой (второй столбец)

$dec(du) =$	$\Xi_{11}(du) =$	$\Xi_{22}(du)$
91.9	2.23	2.31
93.8	1.97	2
94.2	1.87	1.88
94.6	1.81	1.81
95	1.75	1.74
95.4	1.69	1.66
95.9	1.61	1.57
96.4	1.54	1.47
96.9	1.46	1.39
97.3	1.4	1.31

Рисунок 4.4.7. Экономическая эффективности от замены некоторых компонентов в смешанном составе ВВ

В первом столбце таблицы представлена в процентах доля аммиачной селитры в построчной смеси. Каждая строка в таблице, это конкретное взрывчатое вещество, с выбранным соотношением компонентов в смеси.

№	Уголь,%	Моторное масло,%	Селитра гладкая,%	Экономический эффект млн. руб/на 1000 т
	$d_{ku} (du)$	$d_{km} (du)$	$d_{cc} (du)$	$\Delta 2псгф(du)$
1	0.8	7.3	91.9	15
2	1.3	5.1	93.6	14.8
3	1.7	4	94.2	14.7
4	2.1	3.2	94.6	14.6
5	2.5	2.5	95	14.6
6	2.7	1.8	95.4	14.5
7	2.8	1.2	95.9	14.4
8	2.8	0.7	96.4	14.3
9	2.8	0.3	96.9	14.3
10	2.7	0	97.3	14.2

Рисунок 4.4.8. Экономической эффективности от замены эмульсионного ВВ, «Гранулитами ИСУ»

На рис. 4.4.8 представлена компьютерная таблица построчного расчета экономической эффективности от замены эмульсионного ВВ, на смесь гладкой аммиачной селитры с компонентами из углеродных отходов горного производства. Каждая строка в таблице, это конкретное ВВ с выбранным соотношением компонентов.

В последнем столбике представлен построчный рассчитанный экономический эффект при замене эмульсионного ВВ, на смесь гладкой аммиачной селитры с компонентами из углеродных отходов горного производства.

Экономический эффект изменяется от 15 до 14,2 млн. руб. на 1000 т предлагаемого ВВ.

В последнем столбике представлен построчный рассчитанный экономический эффект при замене эмульсионного ВВ, на смесь гладкой аммиачной селитры с компонентами из углеродных отходов горного производства.

Доля угольного порошка, откладываемая по оси X, может изменяться с любым шагом, но не должна выходить за пределы интервала 0-1. Доля отработанного моторного масла дополняет дозу угольного порошка до единицы.

На рис. 4.4.9 представлен фрагмент результатов компьютерного расчета соотношения компонентов в этой трехкомпонентной смеси, при ступенчатом изменении долей отработанного моторного масла и угольного порошка.

1	2	3	4	5	6
0.1	0.9	0.8	7.3	8.1	91.9
0.2	0.8	1.3	5.1	6.4	93.6
0.3	0.7	1.7	4	5.8	94.2
0.4	0.6	2.1	3.2	5.4	94.6
0.5	0.5	2.5	2.5	5	95
0.6	0.4	2.7	1.8	4.6	95.4
0.7	0.3	2.8	1.2	4.1	95.9
0.8	0.2	2.8	0.7	3.6	96.4
0.9	0.1	2.8	0.3	3.1	96.9
1	0	2.7	0	2.7	97.3

Рис. 4.4.9. Результаты компьютерного расчета соотношения компонентов в смеси с угольным порошком

В первом столбце-векторе представлены ступенчато изменяемые относительные доли угольного порошка. Относительные доли угольного порошка изменяются с произвольно выбранным интервалом 0,1. Во втором столбце-векторе представлены ступенчато изменяемые относительные доли отработанного моторного масла, изменяемые с тем же интервалом 0,1. В любой строке их сумма всегда равна единице.

В третьем столбце-векторе процентное содержание дозы угольного порошка, в четвертом столбце-векторе процентное содержание дозы отработанного моторного масла, в пятом столбце-векторе процентное содержание суммы доз угольного порошка + отработанного моторного масла.

В шестом столбце-векторе представлено процентное содержание аммиачной селитры в смеси. Каждая строка в этой таблице представляет одну конкретную смесь компонентов с нулевым кислородным балансом.

Смесь, составленная по любой строке, обеспечивает нулевой кислородный баланс при ее взрыве. Из таблицы видно, что чем больше

отработанного машинного масла в смеси, тем меньше аммиачной селитры в смеси, и тем дешевле ВВ.

Отработанное моторное масло снижает фактор стекания масла с гранул аммиачной селитры, но не исключает его полностью.

При добавлении угольного порошка снижается фактор стекания отработанного масла с гранул селитры. Поэтому выбор оптимального соотношения компонентов должен завершаться технологическим анализом, эффективности сохранения стабильности заряда в скважине с учетом фактора длительности нахождения заряда в скважине после зарядания.

Ниже приводится компьютерный метод расчёта экономического эффекта при использовании гладкой селитры, при замене эмульсионного ВВ на гладкую селитру.

При добавлении угольного порошка снижается фактор стекания отработанного масла с гранул селитры. Поэтому выбор оптимального соотношения компонентов должен завершаться технологическим анализом, эффективности сохранения стабильности заряда в скважине с учетом фактора длительности нахождения заряда в скважине после зарядания.

Ниже приводится компьютерный метод расчёта экономического эффекта при использовании гладкой селитры, при замене эмульсионного ВВ на гладкую селитру.

На рис. 4.4.10 представлен фрагмент компьютерной программы расчета экономической эффективности при изменении соотношения компонентов в смеси. По программе рассчитывается экономическая эффективность от замены некоторых компонентов в смешанном составе ВВ: с углеродными отходами горного производства, гладкой селитры, пористой селитры и эмульсионного ВВ.

На рис. 4.4.11 приведены стоимости ВВ и компонентов, принятая в расчетах.

**Трехкомпонентная смесь с переменной дозой  
компонентов, экономия**

Уголь	Моторное масло	Селитра	100 г
$ku := -2.667$	$km := -3.14$	$ks := 0.2$	
$zsg := 10000$ руб	Стоимость гладкой селитры		
$zsp := 15000$ руб	Стоимость пористой селитры		
$zdt := 20000$	Стоимость дизельного топлива		
$zэ := 25000$	Стоимость эмульсионного ВВ		
$Vз := 100$ г	Базовая масса использованного ВВ в расчетах		
$Vф := 1000$ г	Фактическая масса использованного ВВ		
$\Delta u := 0.1$	Произвольный шаг наращивания дозы компонента по оси X		
$du := 0.1, (0.1 + \Delta u) .. 1$	Доля компонента по оси X		
$dm(du) := 1 - du$	Доля компонента по оси Y		
$x(du) := \sqrt{\frac{-20}{du \cdot ku + dm(du) \cdot km - \frac{dm(du)}{du}}}$			
$y(du) := x(du) \cdot \frac{dm(du)}{du}$	$\Sigma d(du) := x(du) + y(du)$		
$M(du) := 100 + \Sigma d(du)$	$MM(du) := \frac{100}{M(du)}$		
$dkc(du) := 100 \cdot MM(du)$			
$dku(du) := x(du) \cdot MM(du)$	$dkm(du) := y(du) \cdot MM(du)$		
$\Sigma \Sigma d(du) := dku(du) + dkm(du)$	$dcc(du) := 100 - \Sigma \Sigma d(du)$		

Рисунок 4.4.10. Фрагмент компьютерной программы расчета экономической эффективности при изменении соотношения компонентов в смеси

<b>Стоимость компонентов (непрерывно мняется и уточняется)</b>		
$zsg := 15265$	руб./г	Стоимость гладкой селитры
$zsp := 18475$	руб./г	Стоимость пористой селитры
$zdt := 33318$	руб./г	Стоимость дизельного топлива
$mm := 0$		Стоимость отработанного моторного мала
$ур := 0$		Стоимость угольного компонента
$dk := 0$		Стоимость каучукового компонента
$zэ := 29064$	руб./г	Стоимость эмульсионного ВВ

Рисунок 4.4.11. Стоимости ВВ и компонентов

Стандарт при фиксированном соотношении компонентов		
Стоимость гладкой селитры	в 100 т использованных зарядах	
$C_{сг} := \frac{V_3 \cdot 94.5}{100} \cdot z_{sg}$	$C_{сг} = 945000$	$\frac{\text{руб}}{100\text{т}}$
Стоимость пористой селитры	в 100 т использованных зарядах	
$C_{сп} := \frac{V_3 \cdot 94.5}{100} \cdot z_{sp}$	$C_{сп} = 1417500$	$\frac{\text{руб}}{100\text{т}}$

Рисунок 4.4.12. Рассчитанная стоимость гладкой и пористой селитры в 100 тоннах гранулита

Стоимость дизельного топлива	в 100 т использованных зарядах	
$C_{дт} := \frac{V_3 \cdot 5.5}{100} \cdot z_{дт}$	$C_{дт} = 110000$	$\frac{\text{руб}}{100\text{т}}$
Стоимость 100 т эмульсионного ВВ	в использованных зарядах	
$C_э := V_3 \cdot z_э$	$C_э = 2500000$	$\frac{\text{руб}}{100\text{т}}$
Экономия от замены пористой селитры на гладкую в 100 т использованных зарядах		
$Э_{пг} := C_{сп} - C_{сг}$	$Э_{пг} = 472500$	
Экономия от замены эмульсионного ВВ на гладкую селитру в 100 т использованных зарядах		
$Э_{эг} := C_э - C_{сг} + C_{дт}$	$Э_{эг} = 1665000$	

Рисунок 4.4.13. Компьютерный фрагмент расчета для двух вариантов замены компонентов

На рис. 4.4.12 и 4.4.13 представлены рассчитанные экономические эффекты при замене на гладкую селитру, и при замене эмульсионного ВВ на гранулит с гладкой селитрой.

На основе выполненных теоретических исследований и выполненных экспериментальных работ разработанные взрывчатые составы Гранулиты ИСУ допущены к промышленным исследованиям на блоках разрезов, и к приемочным промышленным испытаниям.

#### **4.5. Промышленные испытания эффективности новых смесей аммиачной селитры с углеродными отходами производства**

Испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2, ИСУ-7П проводились на объектах Тугнуйского филиала ООО «Управление по буровзрывным работам».

В период с 07.11.2018 г. по 16.11.2018 г. испытания проводились по изготовлению контрольных образцов гранулитов ИСУ (ИСУ-5Р-2, ИСУ-3У-1 и ИСУ-7П) по «Методике полигонных испытаний гранулитов ИСУ», разработанной ИПКОН им академика Н.В. Мельникова РАН и согласованной техническим директором АО «Разрез Тугнуйский».

Для изготовления контрольных образцов гранулитов ИСУ было использовано следующее сырье:

- селитра аммиачная (ГОСТ 2-2013) производства АО «Азот» (г. Кемерово);
- селитра аммиачная пористая (ТУ 2143-073-0576143-2013) производства АО НАК «Азот» (г. Новомосковск) (далее – ПАС);
- дизельное топливо (ГОСТ 305-2013) (далее – ДТ);
- угольный порошок (АО «Разрез Тугнуйский», пос. Саган-Нур);
- резиновая крошка (АО «Республиканский мусороперерабатывающий завод», г Улан-Уде).

Для инициирования зарядов использовались патроны аммонита 6 ЖВ массой 1,5 кг и КД неэлектрической системы инициирования.

Смешение компонентов выполнялось на «Технологической линии производства термообработанной (поризованной) аммиачной селитры и смесевых взрывчатых веществ из невзрывчатых компонентов, в условиях СПП НК ЭВВ АО «Разрез Тугнуйский» (ТЛ– МК 4,5/7,5 А – РТ).

Были изготовлены опытные образцы следующих граммонитов:

- ИСУ-5Р-2 (65% селитры ГОСТ 2-2013, 27% ПАС, 4% ДТ, 4% резиновой крошки);
- ИСУ-3У-1 (68,5% селитры ГОСТ 2-2013, 20% ПАС, 4,5% ДТ, 7% угольного порошка);



- ИСУ-7П (94,5% ПАС, 5,5% ДТ).

Отбор проб контрольных образцов гранулитов ИСУ был выполнен непосредственно на взрывном блоке Никольского месторождения при механизированном зарядании скважин путём их фасовки в полиэтиленовые мешки массой 18-20 кг.

Для определения сыпучести контрольных образцов гранулитов ИСУ были выполнены исследования по определению угла естественного откоса в лабораторных условиях в соответствии с Методикой полигонных испытаний гранулитов ИСУ по ВТУ ИПКОН РАН – 2017. «Вещество взрывчатое промышленное ГРАНУЛИТЫ ИСУ.

Для оценки полноты детонации зарядов контрольных образцов гранулитов ИСУ на полигоне стационарного пункта приготовления невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ ООО «Управление по буровзрывным работам – Тугнуйский филиал» были выполнены полигонные испытания в соответствии с «Методикой полигонных испытаний гранулитов ИСУ».

Результаты испытаний на полноту детонации:

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-5Р-2, полученного из СЗМ во время зарядания на блоке, массой 16,8 кг, помещённого в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, произошла деформация пластины-свидетеля без образования отверстия. Данные факты свидетельствуют о полной детонации с пониженными для данного диаметра заряда параметрами;

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-3У-1, полученного из СЗМ при зарядании на блоке, и сформированного в бумажной оболочке диаметром 200 мм и длиной 0,9 м. было установлено пробитие стальной пластины и её разрушение, что свидетельствует о полноте детонации заряда;

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-7П массой 14,8 кг, помещённого в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним

диаметром 148 мм было зафиксировано пробитие стальной пластины с последующим её разрушением на 5 отдельных сегментов. При этом не наблюдалось остатков гранулита на месте взрыва, что свидетельствует о полноте детонации заряда.

В период с 07.11.2018 по 16.11.2018 г. проведены полигонные испытания новой и модернизированной линейки составов простейших гранулированных взрывчатых веществ по «Методике полигонных испытаний Гранулитов ИСУ».

Испытания проводили на полигоне стационарного пункта приготовления невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ ООО «Управление по буровзрывным работам». В ходе испытаний определяли: полноту детонации зарядов, взрываемых в пластиковой оболочке, скорость детонации зарядов, сыпучесть ВВ и его физическую стабильности.

В качестве материалов для изготовления гранулитов ИСУ использовалось следующее сырье:

- селитра аммиачная (ГОСТ 2-2013) производства АО «Азот» (г. Кемерово);
- селитра аммиачная пористая (ТУ 2143-073-0576143-2013) производства АО НАК «Азот» (г. Новомосковск) (далее – ПАС);
- поризованная селитра, полученная на СПП из селитры аммиачной (ГОСТ 2-2013) производства АО «Азот» (г. Кемерово) (далее – ПорАС);
- дизельное топливо (ГОСТ 305-2013) (далее – ДТ);
- отработанные нефтепродукты групп МИО, ММО (ГОСТ 21046-86) (АО «Разрез Тугнуйский», пос. Саган-Нур);
- угольный порошок (АО «Разрез Тугнуйский», пос. Саган-Нур);
- мелочь коксовая (ТУ 0763-002-05802744-2007 «Мелочь коксовая из бурого угля марки 2Б Березовского месторождения»);
- резиновая крошка (АО «Республиканский мусороперерабатывающий завод», г Улан-Уде).

В качестве средств инициирования использовали: аммонит 6 ЖВ массой 1,5 кг; КД неэлектрической системы инициирования.

В качестве регистрирующего элемента использовались:

- при исследовании скорости детонации – резистивный датчик;
- при исследовании полноты детонации – металлические пластины размером 250x250x10 мм;
- при исследовании контроля сыпучести – определение угла естественного откоса.

Заряды устанавливали вертикально на металлические пластины, которые, в свою очередь, устанавливались горизонтально на металлические бруски для создания свободного пространства между пластиной и грунтовой поверхностью. Патрон-боевик и капсюль-детонатор устанавливали в верхней части заряда.

При исследовании гранулита ИСУ-6Т использовались образцы ПорАС массой 35 кг, полученные при отработке режимов поризации селитры аммиачной (ГОСТ 2-2013) производства АО «Азот» (г. Кемерово). По данным журнала исследований, ведущегося на пункте поризации, для данной пробы показатель впитывающей способности по отношению к дизельному топливу равен 8,5%.

Зарегистрированные в зарядах диаметром 148 мм в пластиковых трубах скорости характеризуют процесс как нестабильную детонацию (1047-3768 м/с). Угол естественного откоса гранулита ИСУ-6Т составил 40 градусов.

При исследовании полноты детонации зарядов массой 17-19 кг, помещённых в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, в обоих случаях произошло деформирование стальных пластин без их пробития. В обоих случаях наблюдалось незначительное (1-2%) количество гранулита внутри образовавшихся на стальных пластинах вмятин. Данные факты свидетельствуют о неполном срабатывании зарядов и их отказе. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-4К составил 39 градусов. Для получения нормального детонационного процесса была проведена модернизация состава гранулита путём изменения соотношений компонентов окислителя и горючего (АС ГОСТ 2-2013 – 80-90%, ПАС – 10-20%), ДТ – 4,5%, коксовая мелочь- 7%.

Ниже анализируются результаты испытаний, модернизированных Гранулитов ИСУ-4К на полноту детонации. Модернизация состава Гранулита ИСУ-4К-1 произведена изменением состава окислителя (использовалась смесь в соотношении 90% АС ГОСТ 2-2013 и 10% ПАС). Горючий компонент состоял из 7% коксовой мелочи и 4,5% дизельного топлива. Два заряда были помещены в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм. В обоих случаях в результате взрыва произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 70-90 мм. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации заряда. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-4К-1 составил 43 градуса.

Модернизация состава гранулита ИСУ-4К-2 произведена изменением состава окислителя (использовалась смесь в соотношении 80% АС ГОСТ 2-2013 и 20% ПАС). Горючий компонент состоял из 7% коксовой мелочи и 4,5% дизельного топлива. Два заряда были помещены в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм. В обоих случаях в результате взрыва произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 90-100 мм. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации заряда. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-4К-2 составил 29 градусов.

При исследовании полноты детонации двух зарядов гранулита ИСУ-1, полученных с использованием селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и отработанного моторного масла, массой 18-19 кг, помещённых в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, в результате взрыва в обоих случаях произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 80-90 мм. Одновременно с этим в одном случае пластина была частично разрушена на отдельные сегменты. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации зарядов. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-1 составил 45 градусов.

Перед выполнением данного испытания было проведено измерение вязкости отработанного моторного масла (получено из моторного масла марки

Shell Rimula R6 M 10w40) с использованием прибора Brookfield DVE Viscometer. В результате этих измерений вязкость отработанного моторного масла составила 152,8 сП при температуре масла 19,6°C. Время истечения отработанного моторного масла, измеренное на вискозиметре ВЗ-246, составило 41,2 с при температуре масла 19,4°C.

При исследовании полноты детонации двух зарядов гранулита ИСУ-2ТС (в качестве горючей добавки использовалась топливная смесь в соотношении 90% отработанного моторного масла и 10% ДТ) массой 18-19 кг, помещённых в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, в результате взрыва в обоих случаях произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 70-90 мм. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации зарядов. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-2ТС составил 48 градусов.

Перед выполнением данного испытания было проведено измерение вязкости смесей отработанного моторного масла (получено из моторного масла марки Shell Rimula R6 M 10w40) и дизельного топлива в соотношениях 90%/10% и 50%/50% с использованием прибора Brookfield DVE Viscometer. В результате этих измерений вязкость смеси, состоящей из 90% отработанного моторного масла и 10% дизельного топлива, составила 91,4 сП при температуре смеси 19,8°C, а вязкость смеси, состоящей из 50% отработанного моторного масла и 50% дизельного топлива – 41,5 сП при температуре смеси 19,7°C. Измеренное с использованием вискозиметра ВЗ-246 время истечения составило: для смеси, состоящей из 90% отработанного моторного масла и 10% дизельного топлива, составило 27,1 с при температуре смеси 19,1°C; для смеси, состоящей из 50% отработанного моторного масла и 50% дизельного топлива – 21,5 с при температуре смеси 19,5°C.

Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ-1 с использованием селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и отработанного моторного масла в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию. Гранулит ИСУ-1

на основе селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и отработанного моторного масла рекомендуется для проведения промышленных испытаний.

Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ-2ТС с использованием селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и смеси отработанного моторного масла и дизельного топлива в соотношении 90%/10% в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию. Гранулит ИСУ-2ТС на основе селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и смеси отработанного моторного масла и дизельного топлива в соотношении 90%/10% рекомендуется для проведения промышленных испытаний.

Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ-4К с использованием аммиачной селитры ГОСТ 2-2013 (АО «Азот», г. Кемерово) и мелочи коксовой по ТУ 0763-002-05802744-2007 «Мелочь коксовая из бурого угля марки 2Б Березовского месторождения» в асбестоцементных трубах диаметром 148 мм характеризуют процесс как нестабильную затухающую детонацию.

Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ 4К-1 при корректировке состава путем использования окислителя из смеси селитр (90% ГОСТ 2-2013 и 10% ПАС), твердого и жидкого горючего (ДТ – 4,5%; мелочь коксовая - 7%) в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию.

Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ 4К-2 при корректировке состава путем использования окислителя из смеси селитр (80% ГОСТ 2-2013 и 20% ПАС), твердого и жидкого горючего (ДТ – 4,5%; мелочь коксовая - 7%) в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию.

Определенные экспериментальным путем показатели гранулитов ИСУ (полнота детонации заряда, сыпучесть) являются исходными данными для включения в нормативно-техническую документацию (ТУ, краткое

руководство, регламент технологического процесса) при получении разрешения на проведение промышленных испытаний в производственных условиях.

При изготовлении гранулитов ИСУ-4К, имеющих в своем составе твердое горючее, при проведении промышленных испытаний необходимо использование «Технологической линии производства термообработанной (поризованной) аммиачной селитры и смесевых взрывчатых веществ из невзрывчатых компонентов, в условиях СПП НК ЭВВ АО «Разрез Тугнуйский» (ТЛ – МК 4,5/7,5 А – РТ) для смешения горючего и гранулированного окислителя.

В период с 07.11.2018 по 16.11.2018 г. были проведены приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 и ИСУ-7П на опытных блоках Никольского каменноугольного месторождения. Испытания проводились по «Методике приемочных (промышленных) испытаний гранулитов ИСУ по ВТУ ИПКОН РАН «Вещество взрывчатое промышленное ГРАНУЛИТЫ ИСУ», разработанной ИПКОН им академика Н.В. Мельникова РАН и согласованной техническим директором АО «Разрез Тугнуйский» и экспертной организацией АНО «Национальная организация инженеров-взрывников».

Гранулиты, подвергнутые испытаниям состоят из следующих компонентов:

- ИСУ-5Р-2 (65% селитры ГОСТ 2-2013, 27% ПАС, 4 % ДТ, 4% резиновой крошки);
- ИСУ-3У-1 (68,5% селитры ГОСТ 2-2013, 20% ПАС, 4,5% ДТ, 7% угольного порошка);
- ИСУ-7П (94,5% ПАС, 5,5% ДТ).

В структурном отношении Никольское месторождение представляет собой симметричную сильно вытянутую в восток-северо-восточном направлении синклинальную складку; размеры складки по длинной оси составляют 12 км, а по короткой – от 0,7 м на востоке до 3 км – на западе. Углы падения на крыльях составляют в среднем 13-14° с увеличением на отдельных

частях разрезов до 22-25° и с выполаживанием к оси складки до 5-8° и до почти горизонтального залегания. Само месторождение имеет размеры 1,5х8,1 км.

Слагающие опытные участки коренные породы представлены в основном песчаниками и алевролитами, редко углистыми алевролитами и аргиллитами. Породы относятся к средневзрываемым (аргиллиты, алевролиты и песчаники глинисто-карбонатном цементе, со слабовыраженной трещиноватостью). Коэффициент крепости взрываеваемых пород ( $f$ ) – 6-10, объемный вес пород 2,2-2,4 т/м<sup>3</sup>.

#### **4.6. Приемочные испытания Гранулитов ИСУ**

В разработанную линейку гранулитов входит семь Гранулитов: ИСУ-1; ИСУ-2ТС; ИСУ-3У; ИСУ-4К; ИСУ-5Р; ИСУ-6Т и ИСУ-7П.

На основе выполненных исследований разработаны и проверены новые взрывчатые вещества «Гранулиты ИСУ» с компонентами из углеродных отходов горного производства.

На основании письма Ростехнадзора №07-05-03/1290 от 12.10.2018 г в период с 07.11.2018 по 16.11.2018 г. были проведены приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 и ИСУ-7П на опытных блоках Никольского каменноугольного месторождения. Испытания проводились по «Методике приемочных (промышленных) испытаний гранулитов ИСУ по ВТУ ИПКОН РАН «Вещество взрывчатое промышленное «Гранулиты ИСУ», разработанной ИПКОН им академика Н.В. Мельникова РАН и согласованной техническим директором АО «Разрез Тугнуйский» и экспертной организацией АНО «Национальная организация инженеров-взрывников».

Испытания проводились в различных частях блока 18-#8-8. Диаметр взрывных скважин - 251 мм. Длина скважин составляла 10-12 м. Скважины сухие. Сетка бурения 6х6 м. Вместимость 1 пм скважины 42 кг. Схема монтажа взрывной сети – диагональная с клиновым врубом. Глубина скважин 10-12 м. Удельный расход ВВ - 0,59 кг/м<sup>3</sup>. Выход горной массы с 1 пм скважины составил 30,09 м<sup>3</sup>/пм. Инициирование осуществлялось при помощи НСИ.



Заряжание скважин производилось механизированным способом с использованием смесительно-зарядных машин МСЗ-У-14, ТТТ-15, ТТТ-17, «ANFO-15», ТДР 17/13.

При проведении испытаний контрольная часть блока заряжалась штатным промышленным ВВ – гранулитом АСП, опытная часть блока – гранулитом ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 или ИСУ-7П.

На опытном участке блока, расположенном в северной части, при использовании гранулита ИСУ-3У-1 было заряжено 38 скважин, на контрольном участке количество скважин составило 216.

На опытном участке блока, расположенном в центральной части, при использовании гранулита ИСУ-5Р-2 было заряжено 96 скважин, на контрольном участке количество скважин составило 336.

На опытном участке блока, расположенном в южной части, при использовании гранулита ИСУ-7П было заряжено 202 скважин, на контрольном участке количество скважин составило 386.

Для контроля скорости детонации ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 проводилось измерение в скважинах с использованием прибора MRELMicroTrap с резистивным датчиком. Результаты измерений: скорость детонации заряда гранулита ИСУ-3У-1 составила 3700 м/с, скорость детонации заряда гранулита ИСУ-5Р-2 составила 4200 м/с.

Изготовление гранулитов ИСУ осуществлялось в соответствии с «Инструкцией по безопасному изготовлению и применению гранулитов ИСУ в СЗМ АО «Разрез Тугнуйский». Изготовление гранулита ИСУ-7П велось СЗМ - IVECO ANFO-15-2ДТ в процессе заряжания южной части опытного блока. Изготовление гранулитов ИСУ-3У-1 и ИСУ-5Р-2 велось по технологической схеме на «Пункте подготовки (поризованной) аммиачной селитры и приготовления гранулированных ВВ».

В процессе проведения приемочных испытаний были проведены работы по изготовлению и испытанию контрольных образцов гранулитов ИСУ. Отбор проб контрольных образцов исследуемых гранулитов ИСУ был выполнен

непосредственно на взрывном блоке 18-#8-8 Никольского месторождения при механизированном зарядании скважин с помощью существующих смесительно-зарядных машин на АО «Разрез Тугнуйский».

Для оценки полноты детонации зарядов контрольных образцов гранулитов ИСУ на полигоне стационарного пункта приготовления невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ ООО «Управление по буровзрывным работам – Тугнуйский филиал» были выполнены полигонные испытания в соответствии с «Методикой полигонных испытаний гранулитов ИСУ», разработанной ИПКОН им. академика Н.В. Мельникова РАН и согласованной техническим директором АО «Разрез Тугнуйский». Для этого были сформированы заряды в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм длиной 100-105 см. Для оценки полноты детонации зарядов были использованы металлические пластины размером 25x25 см и толщиной 10 мм.

Результаты испытаний на полноту детонации:

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-5Р-2, полученного из СЗМ во время зарядания на блоке, массой 16,8 кг, помещённого в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, произошла деформация пластины-свидетеля без образования отверстия. При этом наблюдалось незначительное (менее 1%) непрореагировавшего гранулита. Эти показатели характеризуют процесс как полную детонацию заряда с пониженной скоростью;

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-3У-1, полученного из СЗМ при зарядании на блоке, и сформированного в бумажной оболочке диаметром 200 мм и длиной 0,9 м было установлено пробитие стальной пластины и её разрушение. При этом на месте взрыва не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации заряда.

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-7П массой 14,8 кг, помещённого в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм было установлено пробитие стальной пластины с

последующим её разрушением на 5 отдельных сегментов. При этом не наблюдалось остатков гранулита на месте взрыва, что свидетельствуют о полноте детонации заряда.

Фиксация результатов отбойки производилась на основании анализа: срабатывания скважинных зарядов, изучения формы навала горных пород, фиксирования заброса породы на верхний уступ, изучения качества дробления проводилась с использованием фотометрических и органолептических (визуально) методов. Фотографирование с использованием раздвижных маркшейдерских реек позволило зафиксировать результаты дробления.

Проведенный после взрыва осмотр блока не выявил отказов. Визуальная оценка навала и заброса породы на верхний уступ показала отсутствие различий в показателях навала горных пород и заброса на верхний уступ на опытных и контрольных участках.

На основании данных, представленных АО «Разрез Тугнуйский» по стоимости компонентов гранулитов ИСУ, проведена оценка себестоимости их изготовления (табл. 4.5.2).

Составы на основе резиновой крошки (ИСУ-4К-1 и ИСУ-4К-2) обладают более низкой себестоимостью, чем состав ИСУ-7П, в котором окислитель полностью состоит из пористой селитры. Состав ИСУ-3У-1 на основе угольного порошка (производства АО «Разрез Тугнуйский») примерно на 6% экономичнее составов на резиновой крошке. На опытных и контрольных блоках в период с 21.11.2018 по 10.12.2018 максимальная производительность экскаватора KomatsuPC 3000 №7 составила 11,39 м<sup>3</sup>, минимальная - 5,1, средняя - 8,03 м<sup>3</sup>, стандартное отклонение - 1,63; максимальная производительность экскаватора KomatsuPC4000№8 составила 18,62 м<sup>3</sup>, минимальная - 9,31 м<sup>3</sup>, средняя - 15,29 м<sup>3</sup>, стандартное отклонение - 2,49.

Таблица 4.5.2. Себестоимость изготовления гранулитов ИСУ  
основе анализа отчётных данных по разбору отбитой горной массы

Название ВВ	ИСУ-3У-1	ИСУ-5Р-2	ИСУ-5Р-3	ИСУ-7П
Себестоимость изготовления ВВ, тыс.руб./т	16,1	17,1	17,0	19,3

Проведены приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 и ИСУ-7П по ВТУ ИПКОН РАН «Вещество взрывчатое промышленное ГРАНУЛИТЫ ИСУ» на опытных блоках Никольского каменноугольного месторождения, горно-геологические и горнотехнические условия которого характерны для открытых горных работ АО «Разрез Тугнуйский».

Общее количество израсходованного гранулита ИСУ-7П составляет 50,2 т, гранулита ИСУ-5Р-2 составляет 24 т, гранулита ИСУ-3У-1 составляет 9,5 т.

По гранулометрическому составу отбитой горной массы на опытных и контрольных участках, дробление с использованием гранулита ИСУ-7П можно охарактеризовать как практически идентичное штатному ВВ (гранулиту АСП), при использовании гранулита ИСУ-5Р-2 – как дробление с более низким выходом фракции < 100 мм и одновременным увеличением выхода фракции 100-200 мм, при использовании гранулита ИСУ-3У-1 - как более равномерное с получением выхода фракции 100-200 м на одинаковом уровне с фракцией < 100 мм.

Отказов и неполной детонации зарядов не обнаружено. Визуальная оценка навала и заброса взорванной породы на верхний уступ показала отсутствие различий в показателях навала горных пород и заброса на верхний уступ на опытных и контрольных участках.

Экскаваторная разборка не показала значимых различий в производительности экскаваторов на опытных и контрольных блоках.

Измерение в скважинах скорости детонации с использованием прибора MREL Micro Trap с резистивным датчиком показало: скорость детонации гранулита ИСУ-3У-1 составила 3700 м/с, гранулита ИСУ-5Р-2 составила 4200 м/с.

Изготовление гранулитов ИСУ должно осуществляться в соответствии с «Инструкцией по безопасному изготовлению и применению гранулитов ИСУ в

СЗМ АО «Разрез Тугнуйский». Гранулит ИСУ-7П готовился с использованием СЗМ - IVECO ANFO-15-2ДТ. Изготовление гранулитов ИСУ-3У-1 и ИСУ-5Р-2 проводилось по технологической схеме на «Пункте подготовки (поризованной) аммиачной селитры и приготовления гранулированных ВВ».

На основании положительных результатов приемочных испытаний с учетом объема использования ВВ, продолжены приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2, ИСУ-5Р-3 с наработкой достаточного объема отбойки горных пород, получения получен допуск Ростехнадзора к постоянному применению гранулита ИСУ-7П.

1. Общее количество израсходованного гранулита ИСУ-7П составляет 50,2 т, гранулита ИСУ-5Р-2 составляет 24 т, гранулита ИСУ-3У-1 составляет 9,5 т.

2. Как можно увидеть из данных табл.1 по гранулометрическому составу отбитой горной массы на опытных и контрольных участках, дробление с использованием гранулита ИСУ-7П можно охарактеризовать как практически идентичное штатному ВВ (гранулиту АСП), при использовании гранулита ИСУ-5Р-2 – как дробление с более низким выходом фракции < 100 мм и одновременным увеличением выхода фракции 100-200 мм, при использовании гранулита ИСУ-3У-1 - как более равномерное с получением выхода фракции 100-200 м на одинаковом уровне с фракцией < 100 мм.

3. Измерение в скважинах скорости детонации с использованием прибора MREL Micro Trap с резистивным датчиком показало: скорость детонации гранулита ИСУ-3У-1 составила 3700 м/с, гранулита ИСУ-5Р-2 составила 4200 м/с.

4. Продолжить приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2, ИСУ-5Р-3 с наработкой достаточного объема отбойки горных пород для получения достоверной оценки результатов испытаний.

Разработанные новые взрывчатые вещества «Гранулиты ИСУ» частично допущены Ростехнадзором к постоянному применению на угольных разрезах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации являющейся завершённой научно-исследовательской работой, дано решение научной задачи по обоснованию способа разрушения горных пород промышленными зарядами взрывчатых веществ, с компонентами углеродных отходов горного производства, повышающих стабильность и эффективность их применения.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработан расчетный инженерный метод и компьютерная программа определения процентного соотношения компонентов по массе в смесевых простейших взрывчатых веществах, с использованием кислородного баланса каждого компонента, и с достижением нулевого кислородного баланса взрывающей смеси.

2. Установлено, то при использовании в качестве горючего в простейших взрывчатых веществах смеси углеродных отходов горного производства можно сформировать множество смесей с нулевым кислородным балансом, при разном процентном соотношении одних и тех же компонентов в смеси.

3. Разработан рецептурный состав дешевых гранулитов с угольным порошком (продукция горного предприятия) и отработанным моторным маслом (отходы горного предприятия, подлежащие утилизации), и каучуком (продукция горного предприятия), обеспечивающих более длительное сохранение стабильности промышленных зарядов и эффективное дробление горных пород.

4. Разработана технология подготовки компонентов из местного сырья и отходов производства, их механизированного смешения и заряжания скважин при дроблении вскрышных горных пород в угольных разрезах.

5. Научное значение работы состоит в разработке компьютерного расчетного метода определения множества компонентных смесей с нулевым кислородным балансом без изменения выбранных компонент смеси.

6. Практическое значение работы состоит в повышении стабильности промышленных зарядов из разработанного гранемита, в расширении области

его применения и в снижении затрат на буровзрывные работы, при качественном дроблении горных пород взрывом.

7. На предложенный состав ВВ получен патент.

8. Разработаны рекомендации для горных предприятий по эффективному дроблению горных пород зарядами разработанных дешевых гранемитов с компонентами из углеродных отходов производства.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Орленко Л.П. Ред. Физика взрыва. Т.1.- М.: Физматлит, 2004. - 832 с.
2. Станюкович К.П. Неустановившиеся движения сплошной среды. – М.: Госгортехиздат, 1955. – 804 с.
3. Беляев А.Ф. Горение, детонация и работа взрыва конденсированных систем. М., Наука, 1968, – 256 с.
4. Седов Л.И. Механика сплошных сред. М.: Наука, 1973. - 1060 с.
5. Адушкин В.В., Спивак А.А. Геомеханика крупномасштабных взрывов – М.: Недра, 1993. – 319 с.
6. Мельников Н.В., Ржевский В.В., Протодяконов М.М. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. – М.: Недра, 1975. – 279 с.
7. Мельников Н.В. (ред). Теория и практика открытых разработок. М., Недра, 1973. – 636 с.
8. Трубецкой К.Н., Викторов С.Д. Современные проблемы разрушения горных пород// В сб. Взрывные проблемы взрывного разрушения массивов горных пород. - М.: ИПКОН РАН, 1999. - С. 7-17.
9. Барон Л.И. Кусковатость и методы ее измерения. – Москва: Издательство академии наук СССР, 1960 – 122 с.
10. Демидюк Г.П., Бугайский А.Н. Средства механизации и технология взрывных работ с применением гранулированных взрывчатых веществ. М., Недра, 1975. – 312 с.
11. Кутузов Б.Н. Проектирование взрывных работ в промышленности М. Недра, 1983. – 359 с.
12. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом. - М.: Горная книга, 2009, 472 с.
13. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 2 Взрывные работы в горном деле и промышленности. - М.: Горная книга, 2011, 511 с.
14. Викторов С.Д., Казаков Н.Н., Шляпин А.В., Лапиков И.Н. Геометрические параметры камуфлетной зоны при взрыве скважинного заряда



в карьере. Сборник «Взрывное дело» Выпуск № 108/65. – М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2012. – С. 8-15.

15. Казаков Н.Н., Шляпин А.В. Достижения и проблемы взрывных работ на горных предприятиях. // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск №1. – М.: Мир горной книги, 2017. – С. 111-125.

16. Казаков Н.Н. Взрывная отбойка руд скважинными зарядами. – М.: Недра, 1975. – 185 с.

17. Казаков Н.Н. Гипотеза многоуровневого дробления породы взрывом // Взрывное дело, № 103/60. – М.: МВК по взрывному делу АГН, 2010– С. 30–38.

18. Казаков Н.Н., Шляпин А.В. Особенности расчета энергии квазистатической фазы взрыва // Взрывное дело: Сб. научных трудов Горного информационно-аналитического бюллетеня, ОВ № 7. – М.: Мир горной книги, 2007. – С. 262–265.

19. Казаков Н.Н., Шляпин А.В. О распределении энергии взрыва в породе // Взрывное дело: Сб. научных трудов Горного информационно-аналитического бюллетеня, ОВ №7. – М.: Мир горной книги, 2007. – С. 234-237.

20. Лапиков И.Н., Казаков Н.Н. О форме кусков раздробленной взрывом породы // Взрывное дело, № 101/58. – М.: МВК по взрывному делу АГН, 2009– С. 57–62.

21. Адушкин В.В. Модельные исследования разрушения горных пород взрывом. «Физические проблемы взрывного разрушения массивов горных пород». – М.: ИПКОН РАН, 1999. – С. 18-29.

22. Крюков Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебник для вузов. – М.: Горная книга, 2006. – 330 с.

23. Лукичев С.В., Козырев А.А., Васерман А.Д., Бусырев В.М. Информационные технологии в горном деле. – Апатиты: КНЦ РАН, 1998. – 173 с.

24. Викторов С.Д., Иофис М.А., Гончаров С.А. Сдвигение и разрушение горных пород – М.: Наука, 2005. – 277 с.

25. Жученко Е.И., Иоффе В.Б., Кукиб Б.Н., Сундуков И.Ю., Овчаренко М.И. Заряжание глубоких скважин эмульсионными ВВ сибиритами на разрезах

Кузбасса. // Физические проблемы разрушения горных пород. Новосибирск, Наука, 2003. – С. 154-162.

26. Викторов С.Д., Казаков Н.Н. Новый способ определения грансостава на карьерах. // Сборник «Взрывное дело» №99/56. М., 2008. С. 3-7.

27. Викторов С.Д., Казаков Н.Н., С.Д. Шляпин А.В., Лапиков И.Н. Проектирование БВР в карьерах. // Сборник «Взрывное дело». Выпуск №111/68. - М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2014. – С. 80-91.

28. Викторов С.Д., Кутузов Б.Н., Фадеев В.Ю. Совершенствование ассортимента российских промышленных взрывчатых материалов для подземных рудников России // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – №4. – С. 28-34.

29. Энглин Б.А. Применение моторных топлив при низких отрицательных температурах. - М.: Химия, 1968. 164 с.

30. В.А. Барон и др. Техника и технология взрывных работ в США. -М.: Недра,1989, С. 92-95.

31. Efremovtsev, A. Efremovtsev, S. Kvitko. Methodological aspects of blast energy release kinetics control in mineral mining «7 WORLD CONFERENCE ON EXPLOSIVES & BLASTING». 2013г.

32. Поздняков З.Г., Росси Б.Д. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. Изд. 2, перераб. и доп. - М.: Недра, 1977, 258 с.

33. Жученко Е.И. Промышленные взрывчатые вещества. Ч. 1. Гранулированные взрывчатые смеси и их применение. Учебное пособие. - М.: МГГУ, 2003.

34. Колганов У.В., Соснин В.А. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. Дзержинск, ГосНИИ «Кристал». 2009. – 585 с.

35. Строгий И.Б. Гранулиты ИСУ: возможности и эффективность. Взрывное дело. № 124/81. 2019. с.

36. Строгий И.Б. Предпосылки создания линейки составов ВВ типа АС/ДТ для предприятий открытой добычи СУЭК // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S45-1. С. 448-452.

37. Мишин Ю.М., Строгий И.Б., Викторов С.Д., Шляпин А.В. Расчетный метод определения доз смесевых взрывчатых веществ // Взрывное дело. 2018. №119-76. С.78-89.

38. Анистратов К.Ю., Донченко Т.В., Опанасенко П.И., Строгий И.Б. Анализ рынка буровых станков для открытых горных работ горнодобывающих предприятий России // Горная промышленность. 2018. № 2 (138). С. 84-89.

39. Строгий И.Б. Повышение эффективности и безопасности функционирования автотранспортных подразделений ОАО "СУЭК", разрезов СУЭК. // Горная промышленность. 2015. № 3 (121). С. 50.

40. Олевский В. М. Технология аммиачной селитры / В. М. Олевский. – М.: Химия, 1978. – 312 с.

41. Кувшинников И. М. Минеральные удобрения и соли. М.: Химия, 1987. 256 с. 238.

42. Додух В.Г., Старшинов А.В., Черниловский А.М., Кантор В.Х., Листопад Г.Г. Влияние типа и свойств аммиачной селитры на взрывчатые характеристики сыпучих смесевых ВВ // Горный журнал, 2003, № 4-5. – С. 66-70.

43. Викторов С.Д., Франтов А.Е. Простейшие гранулированные ВВ местного изготовления: характеристики и направления совершенствования // Взрывное дело. № 112/69. - М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2014. – С. 178-201.

44. Понговский, В.С. Серафинович, Б. Субоч. Некоторые особенности польской пористой аммиачной селитры / Материалы VII конференции по БВР. – Киев, ИГТМ, 1982, с.4.

45. Викторов С.Д., Франтов А.Е., Старшинов А.В. Система контроля параметров смесей на основе нитрата аммония // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015, № 11. С. 39-45.

46. Викторов С.Д., Франтов А.Е., Лапиков И.Н., Андреев В.В., Старшинов А.В. Влияние микроструктуры гранул нитрата аммония на детонационную способность смесевых ВВ на его основе / Физика горения и взрыва, 2016, т. 52, №6, с. 119-124.

47. Зимой А. Д. Адгезия пыли и порошков. Изд. 2-е, пер. и доп. М., «Химия», 1976. Книга является вторым изданием, переработанным и дополненным (1-е издание вышло в 1967 г.)

48. Тертерян Р. А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. — М.: Химия, 1990. — 238 с.,

49. Б. А. Энглин. Применение жидких топлив при низких температурах. — М.: Химия, 1980. — 208 с.

50. Грегс Синг К. Адсорбция. Удельная поверхность. Пористость. М., Мир, 1984. 310 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1



Акт полигонных (контрольные испытания)  
новой линейки составов простейших гранулированных взрывчатых веществ  
ИСУ-1, ИСУ-2ТС, ИСУ-4К, ИСУ-6Т

Комиссия, созданная на основании приказа по Тугнуйскому филиалу ООО  
«Управление по буровзрывным работам» №43/18 от 08 ноября 2018 г., в составе:

Председатель:

Кибец А.В

директор Тугнуйского филиала ООО  
«Управление по буровзрывным  
работам»;

Члены комиссии:

от Тугнуйского филиала ООО «Управление по буровзрывным работам»:

Ударцев В.П.

и.о. начальника участка взрывных работ;

Горбунов А.О.

инженер-технолог;

от АО «СУЭК»:

Строгий И.Б.

начальник отдела БВР АО «СУЭК»;

от АО «Разрез Тугнуйский»:

Ковалев Л.А.

инженер по буровзрывным работам;

от ИПКОН РАН:

Франтов А.Е.

ведущий научный сотрудник;

Осокин А. А.

старший научный сотрудник;

Лапиков И. Н.

старший научный сотрудник;

Мингазов Р. Я.

ведущий инженер;

от экспертной организации – АНО НОИВ:

Вяткин Н.Л.

исполнительный директор;

от ООО "Нитро-технологии Саяны":

Старшинов А.В.

технический директор;

от Ростехнадзора:

Сантуев А. Н.

старший государственный инспектор  
Байкальского отдела горного надзора и  
надзора за маркшейдерскими работами  
Забайкальского управления  
Ростехнадзора.

в период с 07.11.2018 по 16.11.2018 г. провела полигонные испытания в рамках выполнения этапа 2 договора № ТУГН -17/1123У от 20.11. 2017 новой и модернизированной линейки составов простейших гранулированных взрывчатых веществ по «Методике полигонных испытаний гранулитов ИСУ», разработанной ИПКОН им академика Н.В. Мельникова РАН и согласованной техническим директором АО «Разрез Тугнуйский».

На полигоне стационарного пункта приготовления невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ ООО «Управление по буровзрывным работам – Тугнуйский филиал» (далее – СПП) проведены полигонные испытания новой линейки составов простейших гранулированных ВВ, включающие определение: полноты детонации зарядов, взрываемых в пластиковой оболочке, скорости детонации зарядов, сыпучести ВВ и его физической стабильности.

В качестве материалов для изготовления гранулитов ИСУ использовалось следующее сырье:

- селитра аммиачная (ГОСТ 2-2013) производства АО «Азот» (г. Кемерово);
- селитра аммиачная пористая (ТУ 2143-073-0576143-2013) производства АО НАК «Азот» (г. Новомосковск) (далее – ПАС);
- поризованная селитра, полученная на СПП из селитры аммиачной (ГОСТ 2-2013) производства АО «Азот» (г. Кемерово) (далее – ПорАС);
- дизельное топливо (ГОСТ 305-2013) (далее – ДТ);
- нефтепродукты отработанные групп МИО, ММО (ГОСТ 21046-86) (АО «Разрез Тугнуйский», пос. Саган-Нур);
- угольный порошок (АО «Разрез Тугнуйский», пос. Саган-Нур);
- мелочь коксовая (ТУ 0763-002-05802744-2007 «Мелочь коксовая из бурого угля марки 2Б Березовского месторождения»);
- резиновая крошка (АО «Республиканский мусороперерабатывающий завод», г. Улан-Уде).

В качестве средств инициирования использовалось: аммонит 6 ЖВ массой 1,5 кг, КД неэлектрической системы инициирования.

Исследования проводились с зарядами, сформированными в пластиковых трубах с внутренними диаметрами 148 мм длиной 100-105 см.

В качестве регистрирующего элемента использовались:

- при исследовании скорости детонации – резистивный датчик;
- при исследовании полноты детонации – металлические пластины размером 250x250x10 мм;
- при исследовании контроля сыпучести – определение угла естественного откоса.

Заряды устанавливались вертикально на металлические пластины, которые, в свою очередь, устанавливались горизонтально на металлические бруски для создания свободного пространства между пластиной и грунтовой поверхностью. Патрон-боевик и капсюль-детонатор устанавливались в верхней части заряда.

При исследовании гранулита ИСУ-6Г использовались образцы ПорАС массой 35 кг, полученные при отработке режимов поризации селитры аммиачной (ГОСТ 2-2013) производства АО «Азот» (г. Кемерово). По данным журнала исследований, ведущегося на пункте поризации, для данной пробы показатель впитывающей способности по отношению к дизельному топливу равен 8,5%.

**Результаты испытаний гранулита ИСУ-6Г на скорость детонации.** Зарегистрированные в зарядах диаметром 148 мм в пластиковых трубах скорости характеризуют процесс как нестабильную детонацию (1047-3768 м/с). Угол естественного откоса гранулита ИСУ-6Г составил 40 градусов.

**Результаты испытаний гранулита ИСУ-4К на полноту детонации.**

При исследовании полноты детонации зарядов массой 17-19 кг, помещённых в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, в обоих случаях произошло деформирование стальных пластин без их пробития. В обоих случаях наблюдалось незначительное (1-2%) количество гранулита внутри образовавшихся на стальных пластинах вмятин. Данные факты



свидетельствуют о неполном срабатывании зарядов и их отказе. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-4К составил 39 градусов. Для получения нормального детонационного процесса была проведена модернизация состава гранулита путём изменения соотношений компонентов окислителя и горючего (АС ГОСТ 2-2013 – 80-90%, ПАС – 10-20%), ДТ – 4,5%, коксовая мелочь – 7%.

Результаты испытаний модернизированных гранулитов **ИСУ-4К** на полноту детонации. Модернизация состава гранулита ИСУ-4К-1 произведена изменением состава окислителя (использовалась смесь в соотношении 90% АС ГОСТ 2-2013 и 10% ПАС). Горючий компонент состоял из 7% коксовой мелочи и 4,5% дизельного топлива. Два заряда были помещены в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм. В обоих случаях в результате взрыва произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 70-90 мм. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации заряда. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-4К-1 составил 43 градуса.

Модернизация состава гранулита ИСУ-4К-2 произведена изменением состава окислителя (использовалась смесь в соотношении 80% АС ГОСТ 2-2013 и 20% ПАС). Горючий компонент состоял из 7% коксовой мелочи и 4,5% дизельного топлива. Два заряда были помещены в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм. В обоих случаях в результате взрыва произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 90-100 мм. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации заряда. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-4К-2 составил 29 градусов.

**Результаты испытаний гранулита ИСУ-1 на полноту детонации.** При исследовании полноты детонации двух зарядов гранулита ИСУ-1, полученных с использованием селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и отработанного моторного масла, массой 18-19 кг, помещённых в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, в результате взрыва в обоих случаях произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 80-90 мм. Одновременно с этим в одном случае пластина была частично разрушена на отдельные сегменты. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации зарядов. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-1 составил 45 градусов.

Перед выполнением данного испытания было проведено измерение вязкости отработанного моторного масла (получено из моторного масла марки Shell Rimula R6 M 10w40) с использованием прибора Brookfield DVE Viscometer. В результате этих измерений вязкость отработанного моторного масла составила 152,8 сП при температуре масла 19,6 °С. Время истечения отработанного моторного масла, измеренное на вискозиметре ВЗ-246, составило 41,2 с при температуре масла 19,4 °С.

**Результаты испытаний гранулита ИСУ-2ТС на полноту детонации.** При исследовании полноты детонации двух зарядов гранулита ИСУ-2ТС (в качестве горючей добавки использовалась топливная смесь в соотношении 90% отработанного моторного масла и 10% ДТ) массой 18-19 кг, помещённых в пластиковые трубы длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, в результате взрыва в обоих случаях произошло пробитие стальных пластин с образованием в них отверстий диаметром 70-90 мм. При этом не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации зарядов. Угол естественного откоса гранулита ИСУ-2ТС составил 48 градусов.

Перед выполнением данного испытания было проведено измерение вязкости смесей отработанного моторного масла (получено из моторного масла марки Shell Rimula R6 M 10w40) и дизельного топлива в соотношениях 90%/10% и 50%/50% с использованием прибора Brookfield DVE Viscometer. В результате этих измерений вязкость смеси, состоящей из 90% отработанного моторного масла и 10% дизельного топлива, составила 91,4 сП при температуре смеси 19,8 °С, а вязкость смеси, состоящей из 50% отработанного моторного масла и 50% дизельного топлива – 41,5 сП при температуре смеси 19,7 °С. Измеренное с использованием вискозиметра ВЗ-246 время

истечения составило: для смеси, состоящей из 90% отработанного моторного масла и 10% дизельного топлива, составило 27,1 с при температуре смеси 19,1 °С; для смеси, состоящей из 50% отработанного моторного масла и 50% дизельного топлива – 21,5 с при температуре смеси 19,5 °С.

#### Выводы и рекомендации

1. Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ-1 с использованием селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и отработанного моторного масла в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию. Гранулит ИСУ-1 на основе селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и отработанного моторного масла рекомендуется для проведения промышленных испытаний.

2. Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ-2ТС с использованием селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и смеси отработанного моторного масла и дизельного топлива в соотношении 90%/10% в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию. Гранулит ИСУ-2ТС на основе селитры ГОСТ 2-2013 производства АО «Азот» (г. Кемерово) и смеси отработанного моторного масла и дизельного топлива в соотношении 90%/10% рекомендуется для проведения промышленных испытаний.

3. Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ-4К с использованием аммиачной селитры ГОСТ 2-2013 (АО «Азот», г. Кемерово) и мелочи коксовой по ТУ 0763-002-05802744-2007 «Мелочь коксовая из бурого угля марки 2Б Березовского месторождения» в асбестоцементных трубах диаметром 148 мм характеризуют процесс как нестабильную затухающую детонацию.

а. Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ 4К-1 при корректировке состава путем использования окислителя из смеси селитр (90% ГОСТ 2-2013 и 10% ПАС), твердого и жидкого горючего (ДТ – 4,5%; мелочь коксовая- 7%) в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию.

Должна быть проведена корректировка ТУ по составу гранулита ИСУ-4К-1 на основе окислителя из смеси селитр (90% ГОСТ 2-2013 и 10% ПАС), мелочи коксовой (ТУ 0763-002-05802744-2007 «Мелочь коксовая из бурого угля марки 2Б Березовского месторождения») – 7%, ДТ – 4.5%. Гранулит ИСУ-4К-1 рекомендуется для проведения промышленных испытаний.

б. Результаты исследования на полноту детонации гранулита ИСУ 4К-2 при корректировке состава путем использования окислителя из смеси селитр (80% ГОСТ 2-2013 и 20% ПАС), твердого и жидкого горючего (ДТ – 4,5%; мелочь коксовая- 7%) в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм характеризуют процесс как нормальную детонацию.

Должна быть проведена корректировка ТУ по составу гранулита ИСУ-4К-2 на основе окислителя из смеси селитр (80% ГОСТ 2-2013 и 20% ПАС), мелочи коксовой (ТУ 0763-002-05802744-2007 «Мелочь коксовая из бурого угля марки 2Б Березовского месторождения») – 7%, ДТ – 4.5%. Гранулит ИСУ-4К-2 рекомендуется для проведения промышленных испытаний.

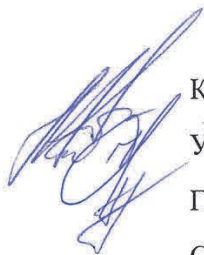
4. Скорость детонации гранулита ИСУ-6Т в пластиковых трубах диаметром 148 мм составляет 1047-3768 м/с (в одном испытании прибором некорректно записаны результаты измерения), что характеризуют процесс как нестабильную детонацию.

5. Определенные экспериментальным путем показатели гранулитов ИСУ (полнота детонации заряда, сыпучесть,) являются исходными данными для включения в нормативно-техническую документацию (ТУ, краткое руководство, регламент технологического процесса) при получении разрешения на проведение промышленных испытаний в производственных условиях.

6. При изготовлении гранулитов ИСУ-4К, имеющих в своем составе твердое горючее, при проведении промышленных испытаний необходимо использование «Технологической линии



производства термообработанной (поризованной) аммиачной селитры и смесевых взрывчатых веществ из невзрывчатых компонентов, в условиях СПП НК ЭВВ АО «Разрез Тугнуйский» (ТЛ-МК 4,5/7,5 А – РТ) для смешения горючего и гранулированного окислителя.



Кибец А.В.

Ударцев В.П.

Горбунов А.О.

Строгий И.Б.



Ковалёв Л. А.



Франтов А.Е.



Осокин А.А.



Лапиков И.Н.



Мингазов Р.Я.



Вяткин Н.Л.



Старшинов А.В.



Сантуев А.Н.



СОГЛАСОВАНО:  
Зам. директора ИПКОН РАН  
им. академика Н.В. Мельникова  
проф. д. т. н.

С.Д. Викторов  
2018 г.



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Тугнуйского филиала  
ООО «Управление по буровзрывным работам»  
А.В. Кибец  
2018 г.

Акт приемочных испытаний  
гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 и ИСУ-7П по ВТУ ИПКОН РАН «Вещество взрывчатое  
промышленное ГРАНУЛИТЫ ИСУ»

Комиссия, созданная на основании приказа по Тугнуйскому филиалу ООО «Управление по буровзрывным работам» №43/18 от 08 ноября 2018 г., в составе:

Председатель

Кибец А.В

директор Тугнуйского филиала ООО  
«Управление по буровзрывным работам»;

Члены комиссии

от Тугнуйского филиала ООО «Управление по буровзрывным работам»

Ударцев В.П.

и.о. начальника участка взрывных работ;  
инженер-технолог;

Горбунов А.О.

от АО «СУЭК»:

Строгий И.Б.

начальник отдела БВР АО «СУЭК»;

от АО «Разрез Тугнуйский»:

Ковалев Л.А.

инженер по буровзрывным работам;

от ИПКОН РАН

Франтов А.Е.

ведущий научный сотрудник;

Осокин А. А.

старший научный сотрудник;

Лапиков И. Н.

старший научный сотрудник;

Мингазов Р. Я.

ведущий инженер;

от экспертной организации – АНО НОИВ

Вяткин Н.Л.

исполнительный директор;

от ООО "Нитро-технологии Саяны"

Старшинов А.В.

технический директор;

от Ростехнадзора

Сантуев А. Н.

старший государственный инспектор  
Байкальского отдела горного надзора и  
надзора за маркшейдерскими работами  
Забайкальского управления Ростехнадзора.

на основании письма Ростехнадзора №07-05-03/1290 от 12.10.2018 г в период с 07.11.2018 по 16.11.2018 г. провела приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 и ИСУ-7П на опытных блоках Никольского каменноугольного месторождения. Испытания проводились по «Методике приемочных (промышленных) испытаний гранулитов ИСУ по ВТУ ИПКОН РАН «Вещество взрывчатое промышленное ГРАНУЛИТЫ ИСУ», разработанной ИПКОН им академика Н.В. Мельникова РАН и согласованной техническим директором АО «Разрез Тугнуйский» и экспертной организацией АНО «Национальная организация инженеров-взрывников».

Гранулиты, подвергнутые испытаниям состоят из следующих компонентов:

- ИСУ-5Р-2 (65% селитры ГОСТ 2-2013, 27% ПАС, 4 % ДТ, 4% резиновой крошки);

- ИСУ-3У-1 (68,5% селитры ГОСТ 2-2013, 20% ПАС, 4,5% ДТ, 7% угольного порошка);

- ИСУ-7П (94,5% ПАС, 5,5% ДТ).

В структурном отношении Никольское месторождение представляет собой симметричную сильно вытянутую в восток-северо-восточном направлении синклинальную складку; размеры складки по длинной оси составляют 12 км, а по короткой – от 0,7 м на востоке до 3 км – на западе. Углы падения на крыльях составляют в среднем 13-14° с увеличением на отдельных частях разрезов до 22-25° и с выполаживанием к оси складки до 5-8° и до почти горизонтального залегания. Само месторождение имеет размеры 1,5 x 8,1 км.

Слагающие опытные участки коренные породы представлены в основном песчаниками и алевролитами, редко углистыми алевролитами и аргиллитами. Породы относятся к средневзрываемым (аргиллиты, алевролиты и песчаники глинисто-карбонатном цементе, со слабовыраженной трещиноватостью). Коэффициент крепости взрываеваемых пород ( $f$ ) – 6-10, объемный вес пород 2,2-2,4 т/м<sup>3</sup>.

Испытания проводились в различных частях блока 18-#8-8 (рис.1). Диаметр взрывных скважин - 251 мм. Длина скважин составляла 10-12 м. Скважины сухие. Сетка бурения 6х6 м. Вместимость 1 пм скважины 42 кг. Схема монтажа взрывной сети – диагональная с клиновым врубом. Конструкция зарядов представлена на рис. 1. Глубина скважин 10-12 м. Удельный расход ВВ -0,59 кг/м<sup>3</sup>. Выход горной массы с 1 пм скважины составил 30,09 м<sup>3</sup>/пм. Инициирование осуществлялось при помощи НСИ. Заряжание скважин производилось механизированным способом с использованием смесительно-зарядных машин МСЗ-У-14, ТТТ-15, ТТТ-17, «ANFO-15», ТДР 17/13.

При проведении испытаний контрольная часть блока заряжалась штатным промышленным ВВ – гранулитом АСП, опытная часть блока – гранулитом ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 или ИСУ-7П.

На опытном участке блока, расположенном в северной части, при использовании гранулита ИСУ-3У-1 было заряжено 38 скважин, на контрольном участке количество скважин составило 216.

На опытном участке блока, расположенном в центральной части, при использовании гранулита ИСУ-5Р-2 было заряжено 96 скважин, на контрольном участке количество скважин составило 336.

На опытном участке блока, расположенном в южной части, при использовании гранулита ИСУ-7П было заряжено 202 скважин, на контрольном участке количество скважин составило 386.

Для контроля скорости детонации ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 проводилось измерение в скважинах с использованием прибора MREL Micro Trap с резистивным датчиком. Результаты измерений: скорость детонации заряда гранулита ИСУ-3У-1 составила 3700 м/с, скорость детонации заряда гранулита ИСУ-5Р-2 составила 4200 м/с.

Изготовление гранулитов ИСУ осуществлялось в соответствии с «Инструкцией по безопасному изготовлению и применению гранулитов ИСУ в СЗМ АО «Разрез Тугнуйский». Изготовление гранулита ИСУ-7П велось СЗМ - IVECO ANFO-15-2ДТ в процессе заряжания южной части опытного блока. Изготовление гранулитов ИСУ-3У-1 и ИСУ-5Р-2 велось по технологической схеме на «Пункте подготовки (поризованной) аммиачной селитры и приготовления гранулированных ВВ».

В процессе проведения приемочных испытаний были проведены работы по изготовлению и испытанию контрольных образцов гранулитов ИСУ. Отбор проб контрольных образцов исследуемых гранулитов ИСУ был выполнен непосредственно на взрывном блоке 18-#8-8 Никольского месторождения при механизированном заряжании скважин с помощью существующих смесительно-зарядных машин на АО «Разрез Тугнуйский».

Для оценки полноты детонации зарядов контрольных образцов гранулитов ИСУ на полигоне стационарного пункта приготовления невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ ООО «Управление по буровзрывным работам – Тугнуйский филиал» были выполнены полигонные испытания в соответствии с «Методикой полигонных испытаний гранулитов ИСУ», разработанной ИПКОН им академика Н.В. Мельникова РАН и согласованной техническим директором АО «Разрез Тугнуйский». Для этого были сформированы заряды в пластиковых трубах с внутренним диаметром 148 мм длиной 100-105 см. Для оценки полноты детонации зарядов были использованы металлические пластины размером 25 x 25 см и толщиной 10 мм. Результаты полигонных испытаний



представлены в «Акте полигонных испытаний новой линейки составов простейших гранулированных взрывчатых веществ по договору № ТУГН-17/1123У от 20.11. 2017».

Результаты испытаний на полноту детонации:

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-5Р-2, полученного из СЗМ во время заряжания на блоке, массой 16,8 кг, помещённого в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм, произошла деформация пластины-свидетеля без образования отверстия. При этом наблюдалось незначительное (менее 1%) непрореагировавшего гранулита. Эти показатели характеризуют процесс как полную детонацию заряда с пониженной скоростью;

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-3У-1, полученного из СЗМ при заряжании на блоке, и сформированного в бумажной оболочке диаметром 200 мм и длиной 0,9 м было установлено пробитие стальной пластины и её разрушение. При этом на месте взрыва не наблюдалось остатков гранулита, что свидетельствует о полноте детонации заряда.

- при исследовании полноты детонации заряда гранулита ИСУ-7П массой 14,8 кг, помещённого в пластиковую трубу длиной 1 м с внутренним диаметром 148 мм было установлено пробитие стальной пластины с последующим её разрушением на 5 отдельных сегментов. При этом не наблюдалось остатков гранулита на месте взрыва, что свидетельствуют о полноте детонации заряда.

Фиксация результатов отбойки производилось на основании анализа: срабатывания скважинных зарядов, изучения формы навала горных пород, фиксирования заброса породы на верхний уступ, изучения качества дробления проводилась с использованием фотометрических и органолептических (визуально) методов. Фотографирование с использованием раздвижных маркшейдерских реек позволило зафиксировать результаты дробления на опытных и контрольных участках. Анализ полученных снимков с использованием разработанной в ИПКОН РАН компьютерной программы «Грансостав 2008» показал следующий гранулометрический состав отбитой горной массы на опытных и контрольных участках (табл.1).

Таблица 1 Гранулометрический состав отбитой горной массы на опытных и контрольных участках.

	ИСУ-3У-1		ИСУ-5Р-2		ИСУ-7П		АСП	
<100	39,2	39,2	54,2	54,2	60	60	63,7	63,7
100-200	36,7	75,9	18,1	72,3	9,1	69,1	9	72,7
200-400	1,1	77	4,9	77,2	8,7	77,8	7,4	80,1
400-600	4	81	4,1	81,3	4,7	82,5	4,8	84,9
600-800	3,8	84,8	5,3	86,6	3	85,5	3,8	88,7
800-1000	6,8	91,6	2,6	89,2	2,2	87,7	2,3	91
1000-1200	2,5	94,1	2,1	91,3	1,6	89,3	1	92
1200-1500	4	98,1	5,3	96,6	1,8	91,1	1,1	93,1
>1500	1,9	100	3,4	100	8,9	100	6,9	100

Проведенный после взрыва осмотр блока не выявил отказов. Визуальная оценка навала и заброса породы на верхний уступ показала отсутствие различий в показателях навала горных пород и заброса на верхний уступ на опытных и контрольных участках.

На основании данных, представленных АО «Разрез Тугнуйский» по стоимости компонентов гранулитов ИСУ, проведена оценка себестоимости их изготовления (табл.2).

Таблица 2 Себестоимость изготовления гранулитов ИСУ

Название ВВ	ИСУ-3У-1	ИСУ-5Р-2	ИСУ-5Р-3	ИСУ-7П
Себестоимость изготовления ВВ, тыс. руб./т	16,1	17,1	17,0	19,3













Составы на основе резиновой крошки (ИСУ-4К-1 и ИСУ-4К-2) обладают более низкой себестоимостью, чем состав ИСУ-7П, в котором окислитель полностью состоит из пористой селитры. Состав ИСУ-3У-1 на основе угольного порошка (производства АО «Разрез Тугнуйский») примерно на 6% экономичнее составов на резиновой крошке.

На основе анализа отчётных данных по разбору отбитой горной массы на опытных и контрольных блоках в период с 21.11.2018 по 10.12.2018 максимальная производительность экскаватора Komatsu PC3000№7 составила 11,39 м<sup>3</sup>, минимальная - 5,1, средняя - 8,03 м<sup>3</sup>, стандартное отклонение - 1,63; максимальная производительность экскаватора Komatsu PC4000№8 составила 18,62 м<sup>3</sup>, минимальная - 9,31 м<sup>3</sup>, средняя - 15,29 м<sup>3</sup>, стандартное отклонение - 2,49.

#### Выводы и рекомендации

1. В период с 07.11.2018 по 16.11.2018 г. на АО «Разрез Тугнуйский» проведены приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2 и ИСУ-7П по ВТУ ИПКОН РАН «Вещество взрывчатое промышленное ГРАНУЛИТЫ ИСУ» на опытных блоках Никольского каменноугольного месторождения, горно-геологические и горнотехнические условия которого характерны для открытых горных работ АО «Разрез Тугнуйский».
2. Общее количество израсходованного гранулита ИСУ-7П составляет 50,2 т, гранулита ИСУ-5Р-2 составляет 24 т, гранулита ИСУ-3У-1 составляет 9,5 т.
3. Как можно увидеть из данных табл.1 по гранулометрическому составу отбитой горной массы на опытных и контрольных участках, дробление с использованием гранулита ИСУ-7П можно охарактеризовать как практически идентичное штатному ВВ (гранулиту АСП), при использовании гранулита ИСУ-5Р-2 – как дробление с более низким выходом фракции < 100 мм и одновременным увеличением выхода фракции 100-200 мм, при использовании гранулита ИСУ-3У-1 - как более равномерное с получением выхода фракции 100-200 м на одинаковом уровне с фракцией < 100 мм.
4. Отказов и неполной детонации зарядов не обнаружено. Визуальная оценка навала и заброса взорванной породы на верхний уступ показала отсутствие различий в показателях навала горных пород и заброса на верхний уступ на опытных и контрольных участках.

5. Экскаваторная разборка не показала значимых различий в производительности экскаваторов на опытных и контрольных блоках.
6. Измерение в скважинах скорости детонации с использованием прибора MREL Micro Tgar с резистивным датчиком показало: скорость детонации гранулита ИСУ-3У-1 составила 3700 м/с, гранулита ИСУ-5Р-2 составила 4200 м/с.
7. Изготовление гранулитов ИСУ должно осуществляться в соответствии с «Инструкцией по безопасному изготовлению и применению гранулитов ИСУ в СЗМ АО «Разрез Тугнуйский». Гранулит ИСУ-7П готовился с использованием СЗМ - IVECO ANFO-15-2ДТ. Изготовление гранулитов ИСУ-3У-1 и ИСУ-5Р-2 проводилось по технологической схеме на «Пункте подготовки (поризованной) аммиачной селитры и приготовления гранулированных ВВ».
8. На основании положительных результатов приемочных испытаний с учетом объема использования ВВ, ходатайствовать перед Ростехнадзором о допуске к постоянному применению гранулита ИСУ-7П.
9. Продолжить приемочные испытания гранулитов ИСУ-3У-1, ИСУ-5Р-2, ИСУ-5Р-3 с наработкой достаточного объема отбойки горных пород для получения достоверной оценки результатов испытаний.

 Кибец А.В.  
 Ударцев В.П.  
 Горбунов А.О.  
 Строгий И.Б.  
 Ковалёв Л. А.  
 Франтов А.Е.  
 Осокин А.А.  
 Лапиков И.Н.  
 Мингазов Р.Я.  
 Вяткин Н.Л.  
 Старшинов А.В.  
 Сантуев А.Н.



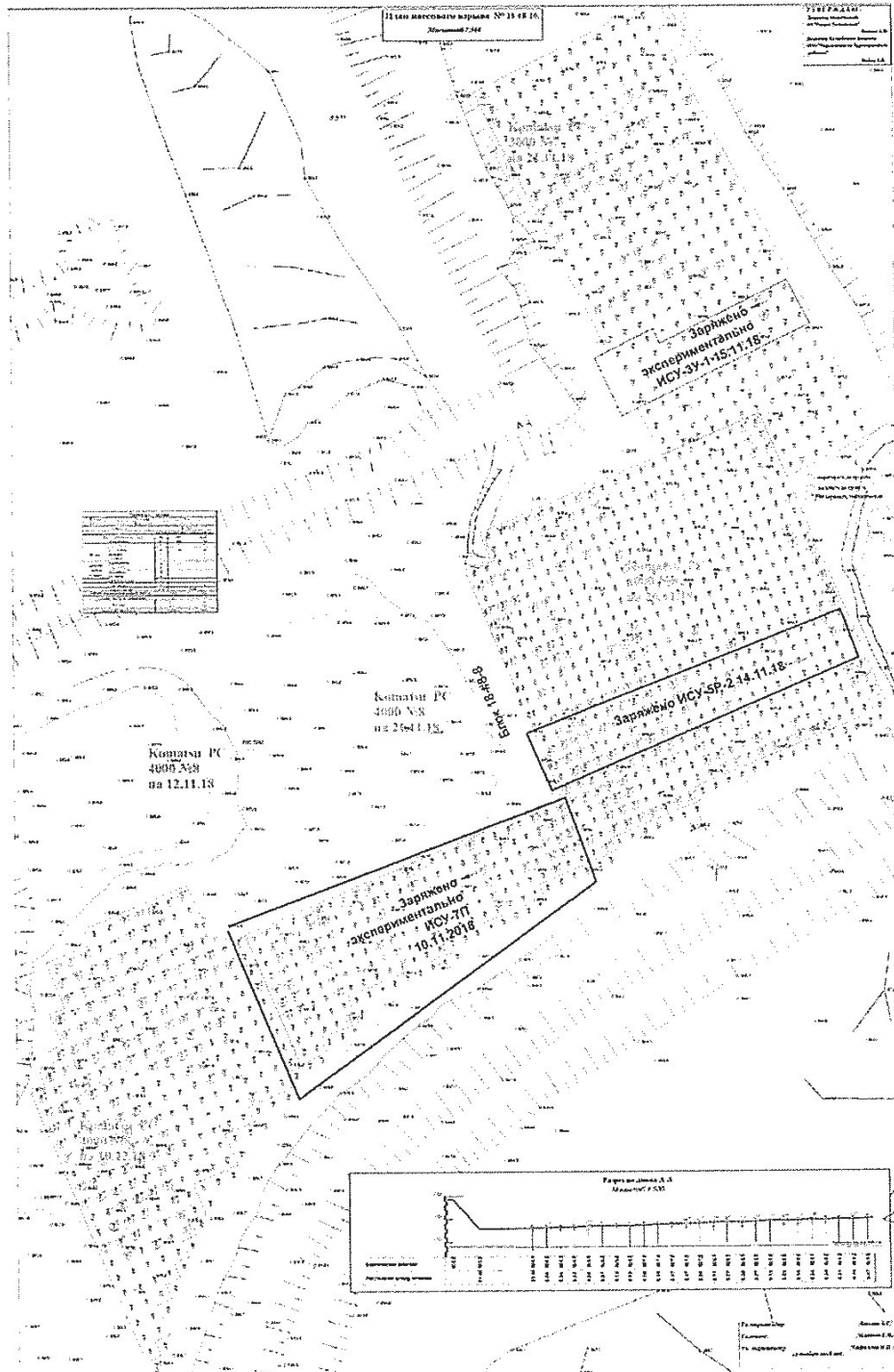


Рис. 1 Диспозиция опытных блоков на взрываемом участке

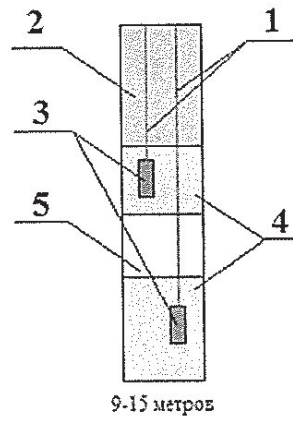



Рис. 2 - Конструкция скважинного заряда: 1 – система иницирования; 2 – забойка; 3 – боевик; 4 – применяемое ВВ; 5 – воздушный промежуток



## Разрешение на постоянное применение одного из составов ИСУ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

## РАЗРЕШЕНИЕ

на применение взрывчатых веществ и изделий на их основе

Дата 04.04.2019 № ПВВ-0667

Наименование: Вещество взрывчатое Гранулит ИСУ марки ИСУ-7П.

Номер технических условий: ТУ 7276-019-04683349-2018.

Разработчик: ИПКОН РАН (г. Москва, Крюковский тупик. 4).

Изготовитель: ООО «Управление по буровзрывным работам» (Республика Хакасия, г. Черногорск, ул. Советская, 40).


Свидетельство о его государственной регистрации: ОГРН 1081903001663, выдано 01.10.2008 Межрайонной ИФНС России № 3 по Республике Хакасия.

Код ТН ВЭД ТС: 3602 00 000 0.

Основание для выдачи разрешения: Техническая документация, экспертное заключение ООО НТФ «Взрывтехнология» от 15.01.2019 № 02-19 ПБ, результаты приемочных испытаний.

Класс транспортной опасности	Подкласс транспортной опасности	Группа совместимости	Серийный номер ООН	Код экстренных мер (КЭМ)
1	1.5	D	0331	24Э

Назначение, область и условия применения: Предназначено для применения на земной поверхности при изготовлении смесительно-зарядными машинами в процессе заряжания скважин при соблюдении требований промышленной безопасности и технической документации.



Трембицкий

Заместитель руководителя  
А.В. Трембицкий

004780