

## НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ НИТРОЭФИРОСОДЕРЖАЩИХ И ВЫСОКО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В РОССИИ

А.С. Жарков, Е.А. Петров, Н.Е. Дочиллов

*В 2015 г. исполняется 17 лет с момента запуска в ФНПЦ «Алтай» единственного в России производства нитроэфиросодержащих, высокопредохранительных взрывчатых веществ, применяемых на категорийных угольных шахтах, особо опасных по горючему газу и угольной пыли. За этот период на угольных предприятиях не было ни одного случая возникновения пожаров, взрывов или аварийных ситуаций по вине использования взрывчатых веществ такого класса безопасности.*

*Ключевые слова: взрыв; взрывчатое вещество; нитроэфиры; углениты; предохранительные свойства; технология; производственный процесс; эффективность ВВ.*

ФНПЦ «Алтай» является одним из крупных научных центров России по разработке технологий и созданию производств специальной химии, в том числе и промышленных взрывчатых веществ (ВВ) [1]. На рынке промышленных ВВ предприятие известно как разработчик и производитель угленитов, карбатов, детонитов, гексопластов [2]. Начиная с 1978 г., ФНПЦ «Алтай» осуществляет функции головной организации по нитроэфиросодержащим производствам в России.

Нитроэфиросодержащими (рис.1) называют все виды промышленных ВВ, содержащих нитроглицерин независимо от природы и содержания других компонентов [3]. За рубежом нитроглицериновые ВВ называются динамитами. Динамиты – это первые смесевые бризантные ВВ, широко применяемые в горной промышленности. Первым представителем динамитов был гурдинамит, состоящий из нитроглицерина и кизельгура в качестве поглотителя, затем динамитные смеси. В этих ВВ нитроглицерин недостаточно прочно связан с поглотителем и легко вытесняется водой. В дальнейшем развитие получили физически более стабильные и мощные пластичные ВВ или желатин-динамиты. Достоинством динамитов является их высокая плотность, водоустойчивость и пластичность, однако, высокая чувствительность к механическим воздействиям и стоимость привели к сокращению производства динамитов во всех странах. В настоящее время во взрывном деле в основном используются порошкооб-

разные ВВ, детониты и высокопредохранительные составы с содержанием нитроэфиров не более 20%. Данные ВВ применяются там, где необходимы заряды небольших габаритов (патроны) с высокой восприимчивостью к детонационному импульсу. Сенсбилизация ВВ жидкими нитроэфирами особенно важна применительно к высокопредохранительным ВВ (углениты, иониты), применяемых на категорийных угольных шахтах, особо опасных по горючему газу и угольной пыли. Это многокомпонентные селективно-детонирующие ВВ ионно-обменного типа, обладающие самой высокой степенью безопасности из всех существующих. По принципу действия – очень «умные» ВВ, способные самостоятельно дозировать выделение энергии в зависимости от технологических условий протекания взрывного процесса. При аварийных ситуациях выделяется только часть энергии, не способная воспламенить горючую смесь, а в оптимальном режиме – максимальное количество энергии, соизмеримое с энергией большинства промышленных ВВ. Необходимый уровень предохранительных свойств достигается строгим соблюдением химического и дисперсного состава компонентов. В состав угленитов и ионитов входят антигризутные, антипиреновые, пламегасящие вещества, окислители, горючие и сенсбилизатор, в качестве которого используется нитроглицерин в смеси с динитродиэтиленгликолем.

### Нитроглицерин

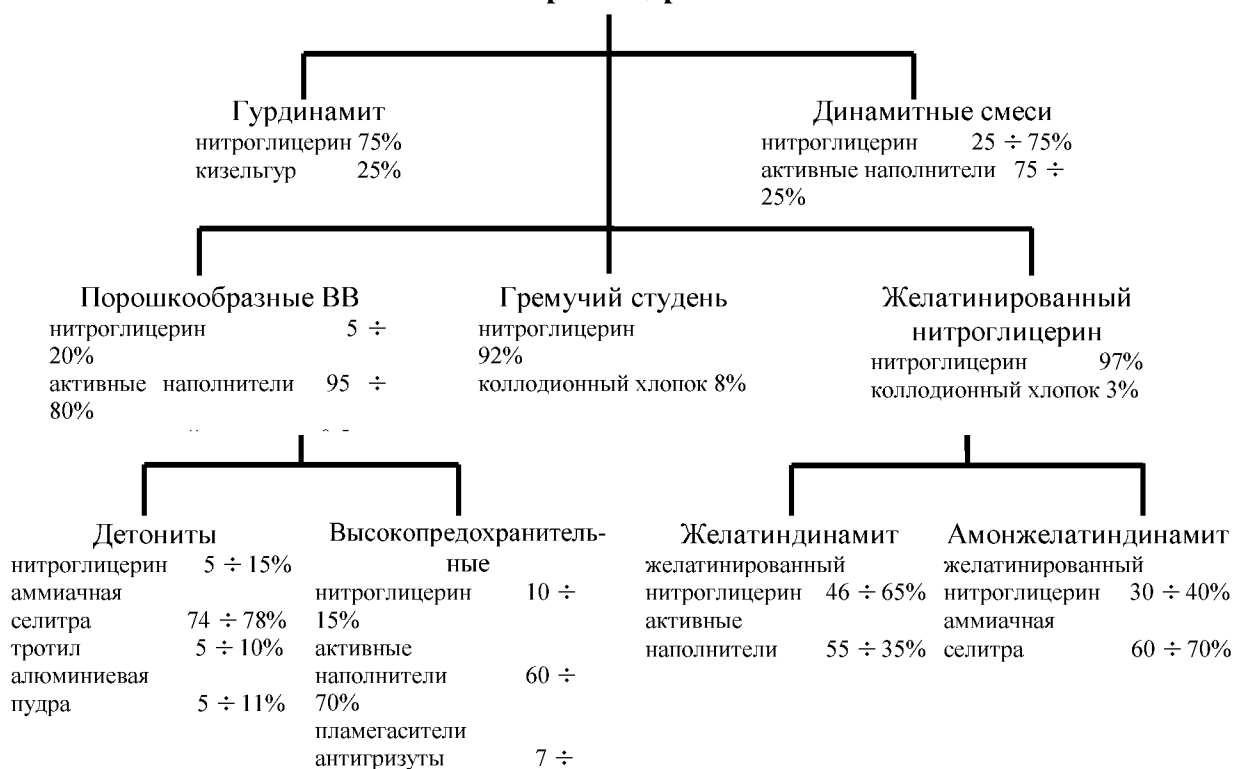


Рисунок 1 - Нитроэфирсодержащие ВВ

Достоинством динамитов является их высокая плотность, водоустойчивость и пластичность, однако, высокая чувствительность к механическим воздействиям и стоимость привели к сокращению производства динамитов во всех странах. В настоящее время во взрывном деле в основном используются порошкообразные ВВ, детониты и высокопредохранительные составы с содержанием нитроэфиров не более 20%. Данные ВВ применяются там, где необходимы заряды небольших габаритов (патроны) с высокой восприимчивостью к детонационному импульсу. Сенсбилизация ВВ жидкими нитроэфирами особенно важна применительно к высокопредохранительным ВВ (углениты, иониты), применяемых на категорийных угольных шахтах, особо опасных по горючему газу и угольной пыли. Это многокомпонентные селективно-детонирующие ВВ ионно-обменного типа, обладающие самой высокой степенью безопасности из всех существующих. По принципу действия – очень «умные» ВВ, способные самостоятельно дозировать выделение энергии в зависимости от технологических условий протекания взрывного процесса. При аварийных ситуациях выделяется только часть энергии, не способная воспламенить

горючую смесь, а в оптимальном режиме – максимальное количество энергии, соизмеримое с энергией большинства промышленных ВВ. Необходимый уровень предохранительных свойств достигается строгим соблюдением химического и дисперсного состава компонентов. В состав угленитов и ионитов входят антигризутные, антипиреновые, пламегасящие вещества, окислители, горючие и сенсбилизатор, в качестве которого используется нитроглицерин в смеси с динитродиэтиленгликолем.

**Производство нитроэфиров** уникально и не имеет аналогов в мире. Основным достоинством разработанной технологии (рис. 2) являются высокие скорости процессов нитрования, разделения реакционной массы на две фазы, контроля и очистки нитроэфиров, а также применение высокопроизводительного малогабаритного оборудования.

Процесс нитрования осуществляется в инжекторе (3) охлажденными нитрующими смесями (2) После охлаждения в холодильнике (4), реакционная масса разделяется в центрифуге (5). Кислый нитроэфир инжектором (7) транспортируется в двухступенчатый

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС  
ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ НИТРОЭФИРОСОДЕРЖАЩИХ И  
ВЫСОКО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В РОССИИ

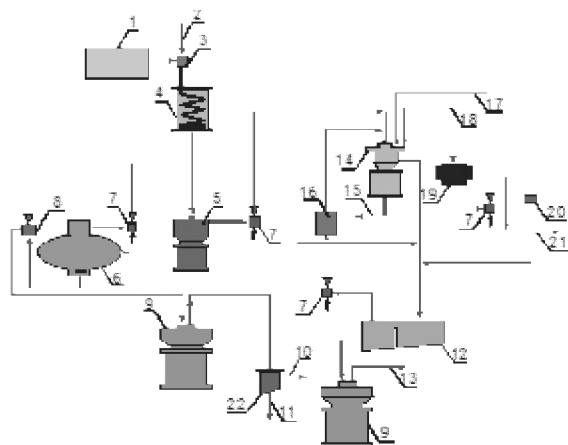


Рисунок 2 – Технологическая схема производства нитроэфиров

центробежный экстрактор (14), где промывается по схеме противотока 2-3%-м раствором соды. Очищенный от кислот нитроэфир инжектором (7) транспортируется в виде эмульсии с теплой водой в здание смешения (21) промышленных ВВ.

Качество нитроэфира выводимого из промывного экстрактора контролируется непрерывно с помощью сигнализатора кислотности (20). Отработанная кислота из centrifуги проходит через контрольный сепаратор (6), часть ее возвращается в процесс (11), а вторая часть выводится в реакторы разложения растворенных нитроэфиров (22) и затем передается на денитрацию и концентрирование (10). Окислы азота из реакторов обезвреживаются на двух абсорбционных колоннах с помощью растворов мочевины. Отработанные кислоты, промывные воды, содержащие нитроэфиры транспортируются с помощью бессальниковых тарельчатых насосов (9). Контроль и управление работой установки – дистанционные. Длительность технологического цикла от момента загрузки спиртов в нитратор до выхода чистого нитроэфира составляет 3-4 минуты, время установки и запуска процесса не превышает 15 мин. Установка может работать непрерывно от 30 минут до 6 суток с мощностью до 600 кг/ч. Основное достоинство установки – низкая, не более 10 кг, загрузка оборудования нитроэфирами и соответственно высокий уровень безопасности. На лучших зарубежных установках в рабочем процессе задействовано не менее 200 кг.

Для тиражирования в России и за рубежом в ФНПЦ «Алтай» спроектирована установка производительностью до 50 кг/ч. Здесь на базе бессальниковых тарельчатых насо-

сов для нитрования многоатомных спиртов разработаны центробежные нитраторы с загрузкой нитроэфирами не более 100 г. С применением таких нитраторов разработан процесс двухступенчатого нитрования спиртов без возврата в процесс части отработанной кислоты. Подобные системы будут использоваться при создании новых производств.

**Производство нитроэфиромодержащих ВВ.** Технологический процесс изготовления угленитов многофазен и сложен по своей специфике, поэтому все основные фазы рассредоточены в отдельных технологических зданиях (рис. 3).

Изготовление нитроэфиров осуществляется инжекторным способом по технологии описанной выше. Малогабаритные аппараты, размещение процесса в железобетонных кабинах и дистанционное управление обеспечивают необходимую безопасность и «живучесть» процесса в случае аварийных ситуаций. Очистка промывных вод, денитрация отработанных кислот с последующим их укреплением и возвратом в процесс, а также новый эффективный способ восстановления окислов азота и паров кислот обеспечивают экологическую чистоту на всех стадиях процесса.

Для каждого типа ВВ как гетерогенной системы регламентируются гранулометрический состав, влажность и температурный режим подготовки сыпучих компонентов. Требуемые параметры компонентов обеспечиваются технологией их подготовки. Для сушки основных компонентов используются непрерывно-действующие сушилки с кипящим слоем и вибрационной решеткой. Измельчение проводится на непрерывно-действующих установках кулачкового типа с механизированной загрузкой через питатели. В целях снижения увлажнения, пыления и слеживаемости компонентов подготовка осуществляется в закрытом тракте с охлаждением и усреднением в накопителях, а дозирование – в специальные герметичные контейнеры объемом, соответствующем загрузке одного смесителя. Экологическая чистота процесса подготовки порошков обеспечивается замкнутым оборотом технологической воды, установкой многокамерных рукавных и мокрых фильтров.

Смешение компонентов взрывоопасно и проводится в специально доработанных двухвальных смесителях типа «Вернер-Пфлейдерер» с контейнерной загрузкой порошков, дистанционной заливкой нитроэфиров и выгрузкой готовой массы в передвижные контейнеры.

Патронирование ведется на автоматах, изготовленных по откорректированной в ФНПЦ «Алтай» конструкторской документации и модернизированных в процессе эксплуатации, что позволило впервые безопасно перерабатывать угленитные массы [6]. Фаза конечных операций состоит из нумерации, влагоизоляции, пакетирования и последовательно осуществляется на автоматизированных линиях, известных и действующих в отрасли.

Все взрывоопасные технологические операции выполняются дистанционно в автоматическом режиме с выводом контроля и управления на центральный диспетчерский

пульт. АСУТП полностью обеспечивает управление процессами с реализацией следящего метода их контроля и управления в реальном масштабе времени, электронную визуализацию, регистрацию и протоколирование важных технологических параметров, состояния оборудования и операторских команд [7].

Технологический комплекс благодаря своей гибкости и переналаживаемости оборудования универсален и способен выпускать все типы детонитов и высокопредохранительных ВВ (рис. 3).

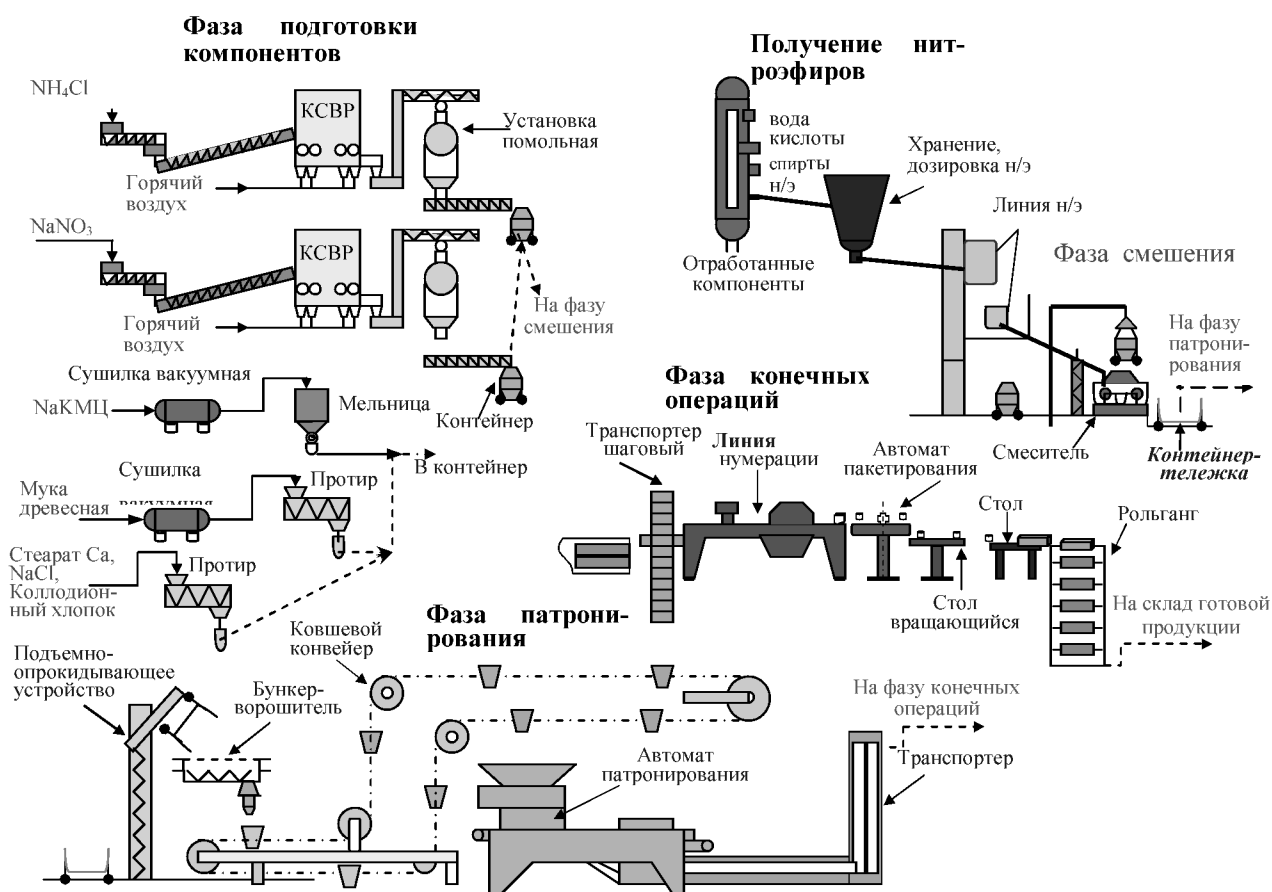


Рисунок 3 – Аппаратурно-технологическая схема производства угленитов

Изготовление нитроэфиров осуществляется инжекторным способом по технологии описанной выше. Малогабаритные аппараты, размещение процесса в железобетонных кабинах и дистанционное управление обеспечивают необходимую безопасность и «живучесть» процесса в случае аварийных ситуаций. Очистка промывных вод, денитрация отработанных кислот с последующим их ук-

реплением и возвратом в процесс, а также новый эффективный способ восстановления окислов азота и паров кислот обеспечивают экологическую чистоту на всех стадиях процесса.

Для каждого типа ВВ как гетерогенной системы регламентируются гранулометрический состав, влажность и температурный режим подготовки сыпучих компонентов. ТРЕПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2015

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС  
ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ НИТРОЭФИРОСОДЕРЖАЩИХ И  
ВЫСОКО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В РОССИИ

буемые параметры компонентов обеспечиваются технологией их подготовки. Для сушки основных компонентов используются непрерывно-действующие сушилки с кипящим слоем и вибрационной решеткой. Измельчение проводится на непрерывно-действующих установках кулачкового типа с механизированной загрузкой через питатели. В целях снижения увлажнения, пыления и слеживаемости компонентов подготовка осуществляется в закрытом тракте с охлаждением и усреднением в накопителях, а дозирование – в специальные герметичные контейнеры объемом, соответствующем загрузке одного смесителя. Экологическая чистота процесса подготовки порошков обеспечивается замкнутым водооборотом технологической воды, установкой многокамерных рукавных и мокрых фильтров.

Смешение компонентов взрывоопасно и проводится в специально доработанных двухвальных смесителях типа «Вернер-Пфлейдерер» с контейнерной загрузкой порошков, дистанционной заливкой нитроэфиров и выгрузкой готовой массы в передвижные контейнеры.

Патронирование ведется на автоматах, изготовленных по откорректированной в

ФНПЦ «Алтай» конструкторской документации и модернизированных в процессе эксплуатации, что позволило впервые безопасно перерабатывать угленитные массы [6]. Фаза конечных операций состоит из нумерации, влагоизоляции, пакетирования и последовательно осуществляется на автоматизированных линиях, известных и действующих в отрасли.

Все взрывоопасные технологические операции выполняются дистанционно в автоматическом режиме с выводом контроля и управления на центральный диспетчерский пульт. АСУТП полностью обеспечивает управление процессами с реализацией следящего метода их контроля и управления в реальном масштабе времени, электронную визуализацию, регистрацию и протоколирование важных технологических параметров, состояния оборудования и операторских команд [7].

Технологический комплекс благодаря своей гибкости и перенастраиваемости оборудования универсален и способен выпускать все типы детонитов и высокопредохранительных ВВ (табл. 1).

Таблица 1 - Характеристики нитроэфирсодержащих ВВ

Характеристика	Гремучий студень	Динамит 62%-й	Детонит М	Угленит Э-6	Угленит 12ЦБ	Ионит
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,55	1,4 ÷ 1,5	0,95 ÷ 1,2	1,1 ÷ 1,2	1,0 ÷ 1,3	1,0 ÷ 1,2
Скорость детонации, км /с	7,8	6,5	4,2 ÷ 5,0	1,9 ÷ 2,2	1,9 ÷ 2,0	1,6 ÷ 1,8
Теплота взрыва, кДж/кг	6530	5333	5800	2680	2300	1930
Работоспособность, см <sup>3</sup>	595	60 ÷ 400	460 ÷ 500	130 ÷ 170	95 ÷ 120	95 ÷ 125
Бризантность, мм	24	15 ÷ 18	18 ÷ 22	7 ÷ 11	5 ÷ 7	5 ÷ 6

Успешный опыт эксплуатации производства в 1998–2013 г. подтвердил правильность выбранных технологических и конструкторских решений. За период использования высокопредохранительных ВВ у потребителей не было случаев возникновения аварийных ситуаций. Достигнутая мощность составляет 2 тыс. тонн ВВ в год. Эта производительность позволяет полностью удовлетворить потребности угольных объединений России и ближнего зарубежья. За создание производства группа разработчиков в 2002 г. удостоена премии Правительства РФ в области науки и техники.

**Методы исследования и разработка новых ВВ.**

С пуском производства был ликвидирован дефицит нитроэфирсодержащих ВВ в России. Однако на современном этапе важен перевод действующего производства на выпуск более работоспособных и безопасных высокопредохранительных ВВ. Опыт показывает, что ВВ могут иметь сравнительно высокую работоспособность, если они построены по принципу селективно-детонирующих систем. Используя этот принцип при разработке новых рецептур, необходимые свойства ВВ достигались как подбором эффективных компонентов, так и регулированием их дисперсности. Для исследования свойств ВВ был разработан ряд новых расчетных [8] и экспериментальных методов:

$$\phi = 290 \lg 31,4 \rho V (1 + 0,00366T) D - 2315, \text{ где } \phi - \text{фугасность.} \quad (1)$$

$$P_{np} = (133,3 \lg 31,4 \rho D V_T - 1004) D_{\mu} 1000 / Q_{BB} \cdot D, \quad (2)$$

где  $P_{np}$  – масса предельного заряда, не воспламеняющего метан.

Для оценки селективно-детонирующих свойств была впервые применена взрывная камера (рис. 4), способная локализовать взрыв и сохранять продукты детонации. О степени селективности судили по анализу конденсированных продуктов и доли солей, прореагировавших при взрыве. Установлено, что при детонации свободно подвешенного заряда селективно-детонирующего угленита Э-6 примерно 30 % ионообменных солей реагируют в детонационной волне и вносят свой вклад в энергетическую составляющую рабо-

ты взрыва. С увеличением содержания нитроэфиров в составе полнота реакции ионообменных солей растет (рис. 5). В экспериментальном штреке в аналогичных условиях эксперимента 37 % уже достаточно для воспламенения метана. Таким образом, анализируя количество и состав непрореагировавших компонентов после подрыва заряда исследуемого ВВ во взрывной камере, можно прогнозировать его предохранительные свойства.

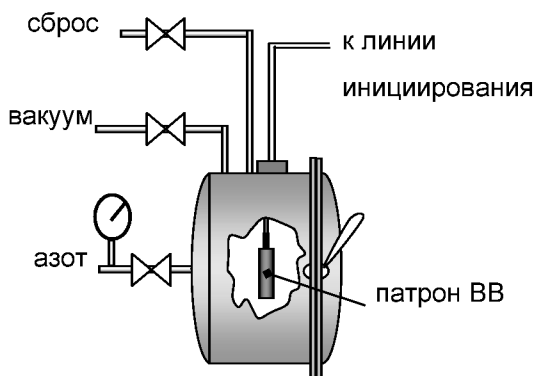


Рисунок 4 – Взрывная камера

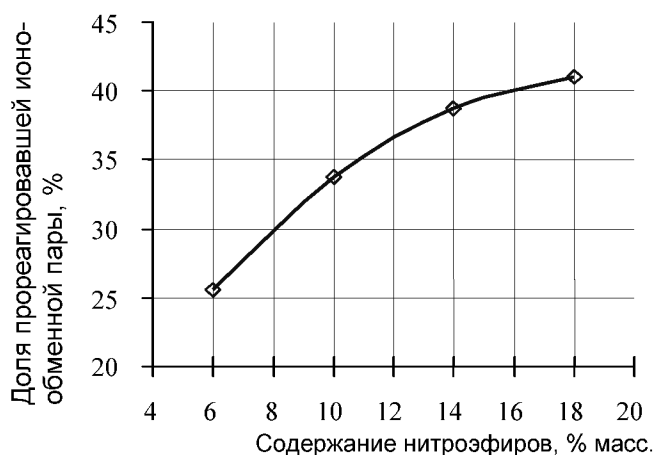


Рисунок 5 – Полнота реакции ионообменных солей ВВ от содержания нитроэфиров

При ведении взрывных работ в угольных шахтах более 30% аварийных случаев воспламенения метана связаны с отказом детонации и выгоранием предохранительных ВВ. Для оценки устойчивости к выгоранию в ФНПЦ «Алтай» используются два метода – по критическому давлению поджигания и по минимальной навеске воспламенителя [9]. Последний разработан в МакНИИ, доработан и реализован в ФНПЦ «Алтай» в виде следующей схемы (рис. 6). В манометрическую бомбу (1) свободным объёмом 0,2 дм<sup>3</sup> помещается стальная сборка (3), содержащая ис-

следуемое ВВ (4) в окружении угольной пыли (5). Над сборкой помещается стаканчик с воспламенителем (2). Измерительная система включает в себя датчик давления, тензостанцию и осциллограф. После герметизации бомбы воспламенитель инициируется от хромового мостика накалывания. О результате опыта, которым является горение или отказ горения таблетки ВВ, судят по снимаемой осциллограмме (6). В табл.2 приведены результаты сравнительных испытаний горючести угленитов.

Таблица 2 – Горючесть угленитов

**НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС  
ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ НИТРОЭФИРОСОДЕРЖАЩИХ И  
ВЫСОКО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В РОССИИ**

Результаты исследований	ПЖВ-20	Э-6	С	12ЦБ	12	11А	М	13П
Навеска воспламенителя, г при задержке воспламенения, с	- -	1,2 19	1,0 3	1,2 9	1,1 12	4,5 48	1,3 12	1,2 9
Давление поджигания, МПа при задержке воспламенения, с	0,5 1,5	0,7 50	2,2 50	8,0 -	4,0 45	5,0 60	1,5 2	- -

Для исследования энергетических характеристик ВВ разработан метод определения эффективности [10], сущность которого состоит в оценке обжатия свинцового крешера продуктами детонации накладного заряда (рис. 7). Критерий эффективности – обжатие

столбика в мм и характеризует, по сути, сумму фугасного и бризантного действия взрыва. Метод чувствителен к изменениям технологии и рецептуры ВВ и апробирован для ряда штатных и новых ВВ (табл.3).

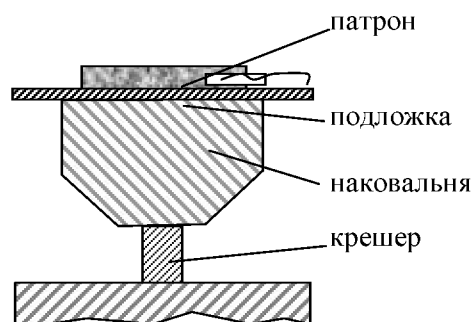
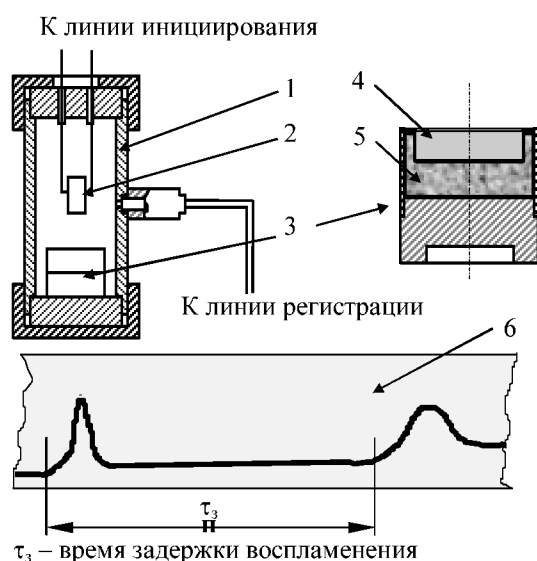


Рисунок 6 – Схема стенда для оценки горючести

Рисунок 7 – Стенд оценки эффективности

Таблица 3 – Эффективность ВВ

Штатное ВВ:	6ЖВ	ПЖВ-20	Э-6	13П	М	12ЦБ	Ионит	Детонит М
Эффективность, мм:	16,1	13,3	6,1	6,8	7,6	4,4	5,6	20,3

С привлечением метода определения эффективности была оптимизирована рецептура и снижен брак в производстве ионита, определены предохранительные свойства угленита 12ЦБ. В табл. 4 показано, что эффективность определяется суммарным влиянием количества и состава нитроэфиров, плотностью патронов и дисперсностью компонентов. При равных условиях эксперимента эффективность ионита заметно снижается с уменьшением в составе сенсibilизатора.

При значении эффективности менее 5,0 мм все образцы ионита выдерживают испытания по предохранительным свойствам для VII класса. Такая же картина наблюдается и для 12ЦБ. Эффективность штатной рецептуры 12ЦБ не превышает 5,0 мм, и образец выдерживает испытания как по VI, так и по VII классу. Следует отметить, что, как показали эксперименты в блоке (в условиях, приближенных к реальным), по эффективности 12ЦБ превосходит ионит.

Таблица 4 – Экспериментальные характеристики образцов ионита и угленита 12ЦБ

Показатель	Ионит						12ЦБ	
	10,0	9,0	8,0	8,0	8,5	9,0	12,0	12,0
Нитроэффиры, % масс.								
Содержание НГ в нитроэфирах, % масс.	60,0	60,0	69,5	68,5	69,0	72,0	60,0	60,0
Плотность ВВ, г/см <sup>3</sup>	1,18	1,12	1,21	1,23	1,26	1,23	1,27	1,40
Скорость детонации, км/с	1,90	1,70	1,78	1,80	1,90	1,98	1,80	2,40
Эффективность, мм:								
открытого заряда	5,9	4,8	5,0	5,2	4,2	4,9	4,6	5,6
в бетонном блоке	20	19	18	–	21,4	–	25,0	–
Передача детонации, см	5	4	3	3	–	4	11	6
Предохранительные свойства, восплам./опыт:								
по VI классу	0/5	–	–	–	–	–	0/5	0/5
по VII классу	5/5	0/5	0/10	2/5	0/5	0/5	0/5	2/5

При переуплотнении или переизмельчении компонентов предохранительные свойства 12ЦБ снижаются. Результаты исследований образцов угленита 12ЦБ при замене части гранулированного карбамида на порошкообразный показали, что при введении порошка от 10 до 100 % вместо гранул снижается плотность патронов соответственно до 1,30...1,20 г/см<sup>3</sup> и скорость детонации, а предохранительные свойства при этом не повышаются. Испытания в опытном штреке показали, что образцы с 25 % порошкообразного карбамида выдержали испытания по VI классу, а при 75 % наблюдались воспламенения.

Таким образом, падение предохранительных свойств связано с ростом эффективности образцов, и следовательно, показатель эффективности может использоваться как критерий прогнозирования предохранительных свойств ВВ. Для селективно детонирующих систем величина эффективности для VII класса находится в пределах не выше 5,0 мм и для VI класса на уровне 6,0 мм. Штатный ионит по предохранительным свойствам и с учетом передачи детонации между патронами надежно обеспечивает VI класс. Для его применения по VII классу необходимо введение ограничений по дисперсности, содержанию нитроэффиров и плотности [11, 12]. Угленит 12ЦБ обеспечивает предохранительные свойства как по VI, так и VII классу, а по мощности превосходит ионит.

Эффективным способом повышения энергетики ВВ является введение в состав компонентов, повышающих его предохранительные свойства, и одновременно химически активных, не снижающих КПД взрыва.

Изучая реакционную способность энергетических систем "окислитель–горючее" найдены закономерности, позволяющие прогнозировать селективные и предохранительные свойства ВВ. На рис. 9 приведены штрихграммы тепловых эффектов наиболее показательных двойных смесей, полученных на термоанализаторе Du Pont 1090

Для каждой смеси существует свой характер и своя начальная температура взаимодействия. Смеси, реагирующие при более высоких температурах, должны повышать селективно-детонирующие свойства ВВ. Этот вывод подтверждается в экспериментах с модельными ВВ (табл. 5) и с результатами расчета по (2). Реакционная способность компонентов ВВ от 1 к 4 образцу понижаются. Селективные свойства, о которых судили также по соотношению скорости детонации в бумажной и металлической оболочке (К), повышались.

Как видно, использование менее реакционноспособных веществ позволяет сохранять предохранительные свойства ВВ с более высокой теплотой взрыва. Результаты исследований были использованы при модернизации штатных и разработке новых предохранительных ВВ. Модернизированы и защищены патентами рецептуры ионита [13], детонита [14, 15] и угленита Э-6 [16]. На модернизированный угленит Э-6 разработан новый ГОСТ и гарантийный срок хранения увеличен до 9 месяцев (Табл. 6)

Таблица 6 - Изменение свойств образцов угленита Э-6 в процессе хранения [17]

Таблица 6 - Изменение свойств образцов угленита Э-6 в процессе хранения [17]



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС  
ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ НИТРОЭФИРОСОДЕРЖАЩИХ И  
ВЫСОКО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В РОССИИ

Наименование показателя	После хранения, мес.			
	1	6	9	12
Нитроэфиры, %	14,3	14,3	14,2	13,9
Влага, %	0,1	0,3	0,4	0,7
Манометрическая проба (80 °С, 24 ч) на установке "Вулкан", мм рт. ст.	34	36	39	40
Передача детонации, см:				
– сухие	10	7	6	5
– мокрые	6	5	4	3
Предохранительные свойства	Соотв.	Соотв.	Соотв.	Соотв.

Таблица 7– Характеристики предохранительных ВВ

Характеристики	Э-6 модерн.	С	П	М	13П
Теплота взрыва, ккал/кг	640	700	780	707	630
Объем газов, л/кг	560	600	600	685	665
Скорость детонации, км/с:					
открытого заряда	2,3	1,8	2,3	1,8	2,0
в оболочке	2,6	2,3	2,8	2,5	2,4
Чувствительность:					
к удару, %	68	30	70	62	60
к трению, кгс/см <sup>2</sup>	2300	4500	2500	5400	2400
Масса предельного заряда, г	250	300	200	350	250
Эффективность, мм	6,8	7,8	8,3	7,6	6,8

Таблица 8 – Техничко-экономические показатели угленитов

Показатель	Подэтажный штрек пл. Прокопьевский с кваршлага № 3, горизонт ±0м	
	Угленит Э–6	Угленит М
Сечение выработки, м <sup>2</sup>	9,3	9,3
Количество шпуров на цикл, шт	27	25
Глубина шпуров, м	1,3	1,5
Подвигание выработки за цикл, м	1,0	1,3
Значение КИШ	0,77	0,87
Удельный расход бурения, шпм/п.м	35,1	28,8
Удельный расход ВВ, кг/м	10,8	7,7
Стоимость 1 т ВВ, тыс. руб	132,4	115,0
Стоимость ВВ на 1 п.м, руб	1429,9	885,5

Основные показатели буровзрывных работ при отбойке угля, как в очистном, так и в подготовительном забое, существенно улучшились. В подготовительных выработках КИШ увеличивался на 11,7 %; удельный расход бурения снизился на 17,9 %, стоимость проведения выработок по ВВ – на 28,7 %. При использовании угленита М при системе отработки ПШО удельный расход ВВ на отбойку 1 т угля уменьшился в среднем на 18 %, в некоторых случаях на 34,7 %. Содержание вредных газов в продуктах взрыва не превышало допустимых концентраций.

Не смотря на рынок новых эффективных и экономичных ВВ, общий объем потребления нитроэфиросодержащих ВВ в настоящее время не превышает 300 тонн в год. При этом сдерживающим фактором является не только цена, которая с увеличением производства и потребления будет существенно падать. Сдерживающим фактором, на наш взгляд является, консерватизм взрывников, доверяющих лишь рецептурам ВВ проверенным годами. Так, например, угленит М дешевле на 30 %, чем модернизированный Э-6, а спросом больше пользуется последний. По этой же причине в производственную практику не внедряются новые разработки других научных организаций: предохранительные монозаряды МППИ конструкции межведомственной комиссии по взрывному делу при Академии горных наук и порэмнты серии ПП (ГосНИИ «Кристалл») [19, 20]. Учитывая высокую экономическую эффективность применения эмульсионных ВВ в горном деле, в категорических шахтах не исключена возможность отказа детонации и выгорание ВВ при разрыве патрона или нарушении сплошности заряда. Нитроэфиросодержащие ВВ при самых неблагоприятных условиях детонирует безотказно и поэтому будут постоянно пользоваться спросом и в дальнейшем.

**Заключение.** В ОАО «ФНПЦ «Алтай» создан и успешно действует научно-производственный комплекс по разработке, совершенствованию и производству нитроэфиросодержащих ВВ, обеспечивающий полностью потребности России в данных ВВ, способный довести разработку до внедрения в минимальные сроки и оперативно реагировать на пожелания потребителей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инновационные разработки в области недропользования и взрывного дела // А.С. Жарков, Н.Е. Дочиллов, А.В. Литвинов, В.Н. Осипков, Е.А. Петров // Эксперт-техника. – 2008. – С. 40-49.

2. Петров Е. А. Промышленные взрывчатые вещества ФНПЦ «Алтай» // Безопасность угольных предприятий. Сб. науч. трудов. – Кемерово: НЦ Вост НИИ. – 2002. – С.86–95.

3. Петров Е.А. Взрывчатые вещества нитроэфиросодержащие, промышленные/ Энергетические конденсированы систем: Кр. энцикл. словарь. – М.: Янус-К. – 1999 – С.92-94.

4. В.А. Адмаев, Е.Я. Диколенько, А.С. Жарков, А.В. Лебедев, Е.А. Петров // Разработка технологии и создание производства промышленных высокопредохранительных взрывчатых веществ: Монография, Кемерово: НЦ Вост НИИ. – 2001 – 58 с.

5. Производство нитроэфиров и промышленных ВВ на их основе / А.С. Жарков, Н.Е. Дочиллов, Е.А. Петров и др. // Горный журнал. – 2006 – №5 – С. 37-41.

6. Патент РФ № 2351458 Устройство для маркировки. А.С. Жарков, Н.Е. Дочиллов, А.В. Кузнецов, А.Е. Петров, Р.Ш. Просвирин, В.П. Пругов, А.И. Хворов. Приоритет от 09.04.2009 г.

7. Автоматизированный технологический комплекс производства высокопредохранительных ВВ / Жарков А.С., Анашкин Н.А., Толкачев Е.Г., Петров Е.А., Звольский Л.С. // Вопросы специального машиностроения. – 1998 – № 5–6 (441–442). – С.117–124.

8. Е.А. Петров, Е.А. Ерамасов. Экспериментальные соотношения для оценки предохранительных свойств ВВ // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2006 – №2 – С.75-78.

9. Исследование устойчивости против выгорания высокопредохранительных ВВ / Е.А. Петров, В.П. Удовиченко, Т.В. Соколова // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2005 – №2 – С. 36-40.

10. Отработка методик определения работоспособности промышленных ВВ / А.Ю. Руднев, В.П. Удовиченко, Е.А. Петров, М.В. Казутин // Материалы и технологии XXI века. – М.: ЦЭИ «Химмаш». – 2000 – С.82–85.

11. Влияние технологических и рецептурных факторов на свойства ионита / М.В. Казутин, Е.А. Петров, В.П. Удовиченко, Т.В. Соколова, В.П. Доманов, Ю.В. Варнаков // Материалы и технологии XXI века. – М.: ЦЭИ «Химмаш». – 2000 – С.102–104.

12. Петров Е.А., Соколова Т.В., Удовиченко В.П. // Исследование предохранительных свойств ионита из угленита 12 ЦБ // Взрывное дело. – 2004 – № 94/51 – С. 84-88.

13. Патент РФ на полезную модель № 57885. Взрывной патрон (ионит). А.Е. Петров, А.С. Жарков, Н.Е. Дочиллов, Т.В. Соколова, В.П. Удовиченко, И.И. Золотухина. Приоритет от 11.04.2006 г.

14. Патент РФ № 2259343. Взрывчатый состав (детонит М). А.Е. Петров, А.С. Жарков, Н.Е. Дочиллов, Е.А. Ерамасов, В.П. Удовиченко, Т.В. Соколова, Д.В. Колесников. Приоритет от 27.03.2004 г.

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС  
ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ НИТРОЭФИРОСОДЕРЖАЩИХ И  
ВЫСОКО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В РОССИИ

15. Оценка эффективности применения ферросиликоалюминия в составе детонита М /А.С. Жарков, Н.Е. Дочилов, Е.А. Петров и др.// Взрывное дело. – 2010 – №104/61 – С. 183-188.

16. Патент РФ на полезную модель № 54665. Взрывной патрон (угленит Э-6). А.Е. Петров, А.С. Жарков, Н.Е. Дочилов, Е.А. Ерамасов, В.П. Удовиченко. Приоритет от 28.10.2005 г.

17. О предельных сроках хранения нитроэфиросодержащих ВВ /А.С. Жарков, Е.А. Петров, Н.Е. Дочилов, Т.В. Соколова, А.В. Поздняков// Взрывное дело. – 2008 – №100/57 – С. 138-142.

18. Угленит М – новое высокопредохранительное взрывчатое вещество / Е.А. Петров, С.В. Петерс, Е.А. Ерамасов, В.П. Доманов // Безопасность труда в промышленности. – 2003 – № 8. – С. 27–29.

19. Ильин В.П., Валешный С.И., Соснин В.А. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества в России // Взрывное дело. – 2012 – № 108/65 – С. 174-190.

20. Кушнеров П.И., Петров Е.А., Буханов В.И. Анализ разработок и результатов испытаний предохранительных ВВ для угольных шахт // Взрывное дело. – 2009 – № 101/58 – С. 251-264.

**Жарков А.С.** - член-корреспондент РАН, доктор технических наук, председатель совета директоров НПК «Алтай», председатель правления Союза промышленников Алтайского края, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, Бийск, [post@frpc.secna.ru](mailto:post@frpc.secna.ru), <http://frpc.secna.ru/> телетайп 233413 КЛЕН

**Петров Е. А.** - д-р техн. наук, профессор, декан инженерного спецфакультета, Бийский технологический институт, ул. Трофимова, 27, 8 (3854) 43-22-85

**Дочилов Е. Н.** – зам. генерального директора ФНПЦ «Алтай», г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, Бийск, [post@frpc.secna.ru](mailto:post@frpc.secna.ru), <http://frpc.secna.ru/> телетайп 233413 КЛЕН