

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ДЕТОНИРУЮЩЕГО ВОЛНОВОДА И ДЕТОНИРУЮЩЕГО ШНУРА ДШЭ-12**

*Р. В. Закусило, инж., А. А. Желтоножко, докт. техн. наук  
(ГосНИИХП, г. Шостка)*

*Розглянуто вітчизняну неелектричну систему ініціювання «Імпульс». Дано порівняльну оцінку небезпеки виробництва детонувального шнура ДШЭ-12 та детонувального хвилеводу до неелектричної системи ініціювання з розрахунком коефіцієнтів безпеки технологічних процесів. Наведено екологічну оцінку застосування ДШЭ-12 та детонувального хвилеводу.*

На протяжении последних десятилетий за рубежом интенсивно ведутся работы по созданию безопасных неэлектрических систем инициирования с низкоэнергетическим проводником иницирующего импульса (детонирующим волноводом). Такой волновод является основным компонентом системы инициирования.

Детонирующие волноводы (ДВ) используются в неэлектрических системах инициирования «Нонель» (фирма «Dyno Nobel», Швеция), «Эксел» (фирма «ICI», Канада), «Примадет» (фирма «Insign-Bickford Company», США) и др. [1–3]. Российскими специалистами разработаны системы СИНВ (система инициирования низкоэнергетического волновода) и «Эдилин». Однако обе системы по своим характеристикам уступают другим зарубежным аналогам [4–5].

В последние годы в Украине также ведутся работы по созданию конкурентоспособного отечественного аналога неэлектрической системы инициирования и ее наиболее сложного и важного компонента – детонирующего волновода [6–8]. В настоящее время специалистами ГосНИИХП совместно со специалистами ШКЗ «Импульс» разработана отечественная неэлектрическая система инициирования «Импульс».

В период с июня 2003 г. по январь 2004 г. система успешно прошла контрольные испытания, предварительные испытания в промышленных условиях и приемочные испытания в промышленных условиях гранитных карьеров Житомирской области.

С целью определения опасности производства и применения ДВ и детонирующего шнура (ДШ) был проведен ряд исследований.

Известно [7], что ДВ настолько безопасен в использовании, что даже в момент прохождения детонационной волны его можно держать в руках без риска получения травмы. Подобные эксперименты с ДШ, разумеется, не проводились, результатом такого эксперимента стала бы в лучшем случае серьезная травма руки.

В качестве показателей безопасности были приняты:

степень опасности при производстве ДВ и экструзионного детонирующего шнура ДШЭ-12;

экологическая оценка использования ДВ и ДШЭ-12.

Используемый в ДВ детонирующий состав состоит из октогена и алюминиевой пудры (на один метр длины волновода наносится 0,025 г этого состава), тогда как в ДШЭ-12 используется тэн (12 г/м длины). Таким образом, 100 м ДВ содержат 2,5 г взрывчатого вещества (ВВ), 100 м ДШЭ-12 – 1200 г ВВ. В дозирующее устройство экструдера при изготовлении ДШЭ-12 загружается 2 кг ВВ, при изготовлении ДВ – 0,02 кг ВВ (при этом навеска ВВ помещается в локализатор – устройство, полностью изолирующее последствия взрыва при инициации ВВ).

Оценка опасности производства ДВ и ДШЭ-12 производилась по существующей методике путем сравнения основных операций технологического процесса (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная оценка степени опасности производства ДШЭ-12 и ДВ

Процесс изготовления ДШЭ-12		Процесс изготовления ДВ	
Наименование операции	Степень опасности	Наименование операции	Степень опасности
Сушка влажного тэна и упаковка его в тару	Особо опасная	Отсутствует	
Хранение и выдача тэна в погребке	Опасная	Хранение и выдача октогена в погребке	Опасная
Транспортировка ящиков (мешков) с тэном из погребка в здание рассыпки и коробок с тэном в здание изготовления ДШЭ	Опасная	Транспортировка бьюксов с октогеном из погребка в здание перекристаллизации и бьюксов с детонирующим составом в здание изготовления ДВ	Опасная
Просейка и рассыпка тэна в коробки	Особо опасная	Перекристаллизация октогена и смешение детонирующего состава	Опасная
Сушка, просейка и осмотр полиэтилена, окрашивание красителем	Безопасная	Сушка, просейка и осмотр Сарлина	Безопасная
Перемотка полиамидной пряжи на шпули	Безопасная	Отсутствует	
Засыпка тэна в бункер экструдера	Особо опасная	Засыпка октогена в бункер экструдера	Опасная
Изготовление ДШЭ методом экструзии	Особо опасная	Изготовление первого слоя (основы) ДВ	Безопасная
		Сушка, просейка и осмотр	

Отсутствует		полиэтилена, окрашивание красителем	Безопасная
Отсутствует		Нанесение второго и третьего слоев ДВ методом соэкструзии	Безопасная
Отмеривание, намотка, резка изделия, герметизация концов, осмотр и предварительная упаковка бухт	Опасная	Отмеривание, намотка, резка изделия, герметизация концов, осмотр и предварительная упаковка бухт	Безопасная
Осмотр и формирование концевых бухт	Опасная	Осмотр и формирование концевых бухт	Безопасная
Упаковка бухт в деревянные ящики и формирование партий	Опасная	Упаковка бухт в деревянные ящики и формирование партий	Безопасная

Продолжение табл.1

Процесс изготовления ДШЭ-12		Процесс изготовления ДВ	
Наименование операции	Степень опасности	Наименование операции	Степень опасности
Прием партий и отбор изделий на испытания	Опасная	Прием партий и отбор изделий на испытания	Безопасная
Транспортировка изделий на испытания	Опасная	Транспортировка изделий на испытания	Безопасная
Транспортировка ящиков и катушек со шнуром в погребок или на склад готовой продукции	Опасная	Транспортировка ящиков и катушек с волноводом в погребок или на склад готовой продукции	Безопасная
Хранение и подготовка к уничтожению брака и отходов шнура, транспортировка его в погребок брака	Опасная	Хранение и подготовка к уничтожению брака и отходов волновода, транспортировка его в погребок брака	Безопасная

Исходя из данных, представленных в табл. 1, и согласно существующей методике был проведен расчет коэффициента безопасности технологического процесса изготовления ДШЭ-12 и ДВ:

$$K_{\text{без}} = A_{\text{без}} / (A_{\text{без}} + A_0 + 2A_{00}),$$

где  $A_{\text{без}}$ ,  $A_0$ ,  $A_{00}$  – соответственно количество безопасных, опасных, особо опасных операций.

Таким образом, коэффициенты безопасности технологических процессов изготовления ДШЭ-12 и ДВ

$$K_{\text{без ДШЭ-12}} = 2 / (2 + 9 + 2 \cdot 4) = 0,105;$$

$$K_{\text{без ДВ}} = 11 / (11 + 4 + 2 \cdot 0) = 0,733.$$

Как следует из расчетных данных, коэффициент безопасности процесса изготовления ДШЭ-12 почти в семь раз ниже, чем при изготовлении ДВ. Это свидетельствует о том, что технологический процесс изготовления ДШЭ-12 в такое же количество раз более опасен, чем процесс изготовления ДВ.

Для оценки опасности для экологии при применении ДШЭ-12 и ДВ и для определения состава и количества продуктов взрыва был проведен термодинамический расчет для ВВ, используемых в ДШЭ-12 и ДВ (табл. 2). Расчет проводился по методу Г. А. Авакяна [10] при помощи компьютерной программы «Система расчета термодинамических характеристик смеси. Авакян 1997».

Наиболее опасным газообразным продуктом взрыва является окись углерода СО. Учитывая, что в 100 м ДШЭ-12 содержится 1,2 кг ВВ, а в 100 м ДВ – 0,025 кг ВВ, находим, что при детонации 100 м ДШЭ-12 и ДВ в атмосферу выбрасываются соответственно 152 и 0,1 л СО. Таким образом, выброс в атмосферу вредных газов при использовании ДВ в 1500 раз ниже, чем при использовании ДШЭ-12.

Таблица 2. Сравнительные термодинамические характеристики ВВ, используемых в ДШЭ-12 и ДВ

Наименование показателя	ДВ	ДШЭ-12
Состав вещества, %	Алюминий – 21,0* Октоген – 79,0	Тэн – 100
Состав элементов в веществе, моль/моль:		
С	2,56	5,00
Н	5,11	8,00
О	2,32	12,00
N	5,11	4,00
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,35	1,70
Состав продуктов взрыва, моль/кг:		
H <sub>2</sub> O	7,74	11,79
CO <sub>2</sub>	0,00	10,17
CO	1,94	5,65
C	8,73	0,00
H <sub>2</sub>	2,93	0,87
N <sub>2</sub>	10,68	6,33
O <sub>2</sub>	0,00	0,09
Число молей, моль/моль	27,18	34,90
Объемная концентрация, моль/кг	6,51	11,03
Удельный объем, л/кг	609	782
Молекулярный вес	18,34	28,65

\* При расчетах применялся коэффициент реализации алюминия 1,0; количество окиси алюминия – 3,89 моль/кг.

## Выводы

Специалистами ГосНИИХП и ШКЗ «Импульс» разработана и испытана безопасная неэлектрическая система инициирования ВВ. Технологический процесс изготовления детонирующего волновода в семь раз менее опасен, чем процесс изготовления детонирующего шнура ДШЭ-12. Количество выбрасываемых в атмосферу вредных газов при использовании ДВ в 1500 раз ниже, чем при использовании ДШЭ-12.

1. *Nonel system description.* – Nitro Nobel AB, Gyttorp, Nora. – 1998.
2. Гондусов С. А. Система инициирования фирмы «Нитро Нобель АБ» – безопасность, надежность, эффективность // Горный журнал. – 1995. – № 2. – С. 40.
3. Щукин Ю. Г., Лютиков Г. Г., Поздняков З. Г. Средства инициирования промышленных взрывчатых веществ. – М.: Недра, 1996. – 155 с.
4. Андреев В. В. Разработка, освоение производства и внедрение в горнорудной промышленности неэлектрической системы взрывания СИНВ // Физика горения и взрыва. – 2001. – Т. 37. – № 1. – С. 137.
5. *Неэлектрическая система инициирования «Эдилин».* Волновод. Технические условия ТУ 7287-036-07513406-97. – Введ. 01.06.99. – 22 с.
6. *Создание и развитие производств для народного хозяйства эффективных экологически чистых взрывчатых веществ и средств инициирования с использованием сырьевых ресурсов и производственной базы Украины: Отчет о НИР (заключительный) /* ГосНИИХП; № ГР 0197ИО018438; Инв. № 656-0. – Шостка, 1997. – 443 с.
7. *Создание неэлектрической системы инициирования в Украине /* Б. И. Шаров, В. Н. Филимонов, В. В. Банишевский, В. К. Лукашев, И. Н. Курганский, Р. В. Закусило // Сб. научн. трудов Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск. – 2001. – № 11. – Т. 3. – С. 108–113.
8. *Состояние разработки безопасной неэлектрической системы инициирования. Исследования по разработке рецептуры полимерной трубки волновода /* Р. В. Закусило, А. А. Желтоножко // Сб. научн. трудов Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск. – 2003. – № 18. – С. 42–50.
9. *Создание детонирующего волновода к неэлектрической системе инициирования /* Б. И. Шаров, В. В. Банишевский, Е. Д. Чернов, Р. В. Закусило // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – Спец. выпуск. – К., 2003. – С. 36–37.
10. Авакян Г. А. Расчет энергетических и взрывчатых характеристик ВВ. – М.: Военная инженерная академия, 1964. – 108 с.