

3. Хотин В.Г., Пономарев В.А., Бачурин С.П. Метод оценки степени селективности предохранительных взрывчатых веществ. — В кн.: Взрывное дело, 78/35. — М.: Недра, 1977. — С. 157–162.

4. Матюнин В.С. Исследование процессов, протекающих при взрыве в массиве, и их влияния на безопасность короткозамедленного взрывания в шахтах, опасных по газу или пыли: Автореферат дисс... канд. техн. наук: 313. — Донецк, 1969. — 28 с.

5. Расторгуев В.М. Исследование и разработка способа сравнительной оценки предохранительных свойств взрывчатых веществ: Автореферат дисс... канд. техн. наук: 05.15.02. — Москва, 1974. — 13 с.

6. Калякин С.А., Шевцов Н.Р. Влияние условий гидровзрывания на энергетические показатели и работоспособность взрывчатых веществ // Проблемы горного давления. — Донецк: ДонНТУ, 2002. — № 8. — С. 116–145.

© Калякин С.А., 2005

УДК 622.235.

Канд. техн. наук МАНЖОС Ю.В., инж. ТЕРЕНТЬЕВА Л.Н. (МакНИИ), инж. БУНИН А.Б., (ШКЗ «Импульс»), инж. ГАЛИАКБЕРОВА Ф.Н., студ. ГОРШКОВ С.С. (ДонНТУ)

О ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОДЕТОНАТОРЫ В УПАКОВКЕ

В настоящее время промышленные электродетонаторы (ЭД) транспортируют и хранят в заводской упаковке.

Упаковка отечественного производства состоит из древесно-крагисного ящика, картонных коробок и металлической коробки, служащей защитным экраном в случае воздействия на ЭД электромагнитных излучений (радио и теле передатчики, грозовые разряды, электрическая дуга и др.).

Фирмы дальнего зарубежья, такие как «Остин детонатор» (Чехия), «Шаффлер» (Австрия), «Динамит Нобель АГ» (Германия) и др. используют упаковку ЭД, состоящую из картонных коробок и картонного ящика, не применяя при этом металлическую коробку — экран; а в отдельных случаях в качестве экрана они помещают ЭД с выводными проводами в пакет из металлизированной пленки.

Учитывая многолетний опыт транспортирования ЭД в картонной упаковке без металлической (экрана) фирмами дальнего зарубежья, перечисленными выше, было принято решение: изучить возможность использования аналогичной упаковки для транспортирования и хранения промышленных ЭД отечественного производства.

Целью работы является установление возможности транспортирования и хранения промышленных ЭД в упаковке без металлических коробок-экранов.

Задачи исследований следующие:

— установление зависимости величины наводимой ЭДС в электрической цепи ЭД от расстояния между ним и источником излучения расчетным путем;

— проведение испытаний на воспламеняемость электровоспламенителей от электромагнитных излучений в различных условиях (видов защиты ЭД от электромагнитных излучений);

— обоснование безопасных (в отношении токов наводки) условий транспортирования промышленных ЭД в упаковке без металлических экранов.

Согласно сведениям, представленным Украинским государственным центром радиочастот, мощность излучения гражданских передающих объектов не превышает 100 кВт. Исходя из этой величины определим напряженность поля в непосредственной близости от антенны излучателя.

Для этой цели подходит формула Введенского Б.А. [1]:

$$E_0 = \frac{2,18 \cdot \sqrt{P \cdot G} \cdot h_1 \cdot h_2}{r^2 \cdot \lambda},$$

где: E_0 — действующее значение вектора напряженности электрического поля, мВ/м; P — мощность передатчика, (100 кВт); G — коэффициент усиления передающей антенны; r — расстояние от передатчика, км; λ — длина волны, м; h_1 — высота антенны передатчика (принимается равной 50–100 м); h_2 — высота приемной антенны (принимается равной высоте фургона автомобиля, т.е. 4 м по верхнему штабелю).

Длина волны (λ) равна 1 м при $f=300$ мГц — крайний диапазон МВ, и 0,3 м при $f=900$ мГц — крайний диапазон ДМВ.

Расстояние от передатчика (r) будет равно гипотенузе треугольника, одним катетом которого является мачта антенны (50–100 м), а вторым — расстояние от ближайшей дороги до мачты (принимается 30 м — зона отчуждения).

Коэффициент усиления передающей мачты находится по формуле:

$$G = D_a \cdot \eta_a,$$

где D_a — коэффициент направленного действия (для передающих гражданских антенн может быть равен 1,64); η_a — КПД антенны, который равен:

$$\eta_a = \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma + R_n}.$$

Величиной R_n можно пренебречь, тогда η_a будет равен 1.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты расчетов

Высота мачты, h_1 , м	Расстояние от передатчика, r , м	Длина волны, λ , м	Коэффициент усиления передающей антенны, G	Напряженность поля, E_0 , В/м
50	58,3	1	1,64	5,48
		0,3		
100	104,4	1		1,02
		0,3		3,41

Согласно закону Био-Савара [2] соотношение электрического и магнитного полей следующее:

$$E_0 = 120\pi \cdot H,$$

где H — напряженность магнитного поля.

Лабораторный стенд для испытания ЭВ или имитаций ЭД состоит из следующих приборов и оборудования:

- осциллографа С1-64;
- осциллографа цифрового запоминающего С9-8;
- генератора сигналов высокочастотного Г4-102;
- блока питания Б5-8;
- рамок излучателя (антенн);
- приемника сигналов — объекта исследования.

Кроме того, при проведении испытаний для измерения электрических сигналов в различных цепях применялись: амперметры, вольтметры и омметры.

Воздействию токов наводки в ЭД может подвергаться только его электрическая цепь, т.е. электровоспламенитель (ЭВ) с выводными проводами. Причем на результаты этого воздействия может влиять как величина сопротивления цепи электрическому току, так и длина выводных проводов, свернутых в бунтик или свернутых частично. Соответственно эксперименты проводились с имитациями ЭД, боевой частью которых являлся только электровоспламенитель (ЭВ) с выводными проводами в одном из вышеупомянутых видов. Пробочка ЭВ помещалась в стальную гильзу КД валового производства. Пробочка в гильзе не обжималась, что давало возможность фиксировать срабатывания ЭВ визуально: в момент срабатывания давление газов выталкивало пробочку из гильзы с характерным звуком и дымообразованием.

Поскольку потребителю завод, в подавляющем большинстве случаев, поставяет ЭД с минимальной длиной выводных проводов 2 м и максимальной 6 м, испытанию подвергались ЭВ с длиной выводных проводов 2,0 м и 6,0 м.

Следующая серия испытаний проводилась с целью установления критического т.е. опасного расстояния от центра излучения электромагнитных волн (излучающая антенна радио- или телепередатчика) до исследуемого объекта (транспортируемых в упаковке без металлического экрана ЭД). За «опасное» принято расстояние, при котором может сработать наиболее чувствительный к электрическому току ЭД.

Перед проведением экспериментов у испытуемых ЭВ измеряли сопротивление электрическому току с помощью моста Р-3043 и габаритные размеры бунтика. Затем имитацию ЭД с этими ЭВ помещали в центр рамки излучателя, на которую подавали электромагнитный сигнал. При проведении исследований в качестве излучателей (передающих антенн) применялись согласованные рамочные антенны на частоты 150 кГц–10 МГц.

Внутри рамки излучателя и в непосредственной близости к ней создавалось электромагнитное поле, параметры которого наводили в электрической цепи ЭВ ток величиной не менее 0,22 А.

В случае несрабатывания ЭВ, параметры электромагнитного поля увеличивали до уровня, при котором ЭВ срабатывал. В экспериментах напряжение и ток в цепи ЭВ фиксировали с помощью осциллографа.

Результаты испытаний имитаций ЭД на чувствительность к радиоизлучению сведены в табл. 2.

По результатам, приведенным в табл. 2, можно сделать следующие выводы:

— в ЭД с разомкнутыми выводными проводами, при прочих равных условиях, величина ЭДС наводки меньше в 15—30 раз по сравнению с ЭД, у которых выводные провода замкнуты накоротко;

— опасная величина токов наводки (более 0,18 А) может иметь место только в цепи ЭД с замкнутыми накоротко выводными проводами, причем провода должны быть частично разведены так, чтобы площадь образовавшейся при разведении петли составляла не менее 0,0375 м²;

— в электрической цепи ЭД с разомкнутыми проводами в самых жестких условиях эксперимента величина наводимой ЭДС составляет около 0,033 А, т.е. меньше величины тока, допускаемой Госнадзорохрантруда Украины в приборах для замера сопротивления ЭД электрическому току.

Результаты испытаний имитаций ЭД на чувствительность к радиоизлучению

Из теории электромагнитных волн также известно, что замкнутый металлический контур, расположенный перпендикулярно другому замкнутому контуру, препятствует наведению в последнем ЭДС. Поэтому вторым рубежом защиты ЭД от срабатывания при воздействии на их электрическую цепь электромагнитных волн (поля) будет создание замкнутого контура, расположенного перпендикулярно выводным проводам

Табл. 2. Результаты испытаний имитаций ЭД на чувствительность к радиоизлучению

№ п/п	Длина выводов, м	Сопротивление ЭВ, Ом	Размер бунтика (свернутого)		Площадь петли разведенных проводов, м ²	Напряженность поля		Ток в цепи ЭВ I, А	Напряжение в цепи ЭВ U, В (переменный ток)	Примечание	Результат	Выводы по провода
			длина	периметр скрутки		электр. составляющая	магнит. составляющая					
1.	6,0	2,5	11,0	9,5	-	4000	10,61	0,01	0,05	5 опытов	взрывов нет	разомкнуты
2.	6,0	2,5	11,0	9,5	-	4000	10,61	0,02	0,1	2 опыта	взрывов нет	закорочены
3.	6,0+6,0	4,5	11,0	9,5	-	4000	10,61	0,056	0,5	2 опыта	взрывов нет	закорочены
4.	2,0	2,3	11,0	4,5	-	4000	10,61	0,326	0,15	2 опыта	взрывов нет	закорочены
5.	2,0	2,4	11,0	4,5	-	4000	10,61	0,01	0,05	2 опыта	взрывов нет	разомкнуты
6.	2,0	2,3	11,0	4,5	0,0375	4000	10,61	0,348	1,6-1,7	20 опытов	взрывов ЭВ	закорочены
7.	2,0	2,3	11,0	9,5	0,0375	4000	10,61	0,0326	0,14-0,2	10 опытов	отказ	разомкнуты
8.	6,0	2,6	11,0	9,5	0,0375	4000	10,61	0,231	1,2	2 опыта	взрыв	закорочены
9.	2,0	2,3	11,0	4,5	0,012	4000	10,61	0,1	0,46	без шунтирующей рамки	без взрывов	закорочены
10.	2,0	2,4	11,0	4,5	0,012	4000	10,61	0,037	0,17	с шунтирующей рамкой	без взрывов	закорочены

ЭД, свернутым в бунтик. На практике это должно осуществляться следующим образом: картонную коробку типа П-1 по ОСТ 84-2449, с уложенными в нее ЭД согласно п.п. 1.5.1. и 1.5.2. ТУУ 24.6-14314452-016-2003 (или аналогичных требований других ТУ на промышленные ЭД), следует перевязывать не шпагатом, как это требуется по п. 1.5.3. указанных ТУ, а металлической проволокой любого типа без изоляционного покрытия с обеспечением надежного контакта при замыкании (скручивании) концов этой проволоки.

Аналогичная защита используется чешской фирмой «Остин детонатор»: здесь пучки ЭД с не зачищенными концами выводных проводов обвязывают стальной проволокой сечением 0,5 мм без изоляционного покрытия.

Из табл. 2 также видно, что использование шунтирующей рамки (обвязывание картонной коробки с ЭД металлической проволокой без изоляционного покрытия) даже в ЭД с замкнутыми накоротко выводными проводами снижает величину наводимой ЭДС в цепи ЭД ориентировочно в 3 раза.

Выводы

1. В работе, на основании анализа существующих источников, определены условия проведения испытаний ЭД на чувствительность к токам наводки, которые могут иметь место в реальных условиях транспортирования ЭД и при погрузочно-разгрузочных работах.

2. Проведены испытания имитаций ЭД на чувствительность к токам наводки, в том числе и при наиболее опасных ситуациях, которые могут иметь место при транспортировании ЭД и при погрузочно-разгрузочных работах.

3. На основании результатов проведенных исследований и испытаний можно утверждать, что транспортирование и погрузочно-разгрузочные работы на дневной поверхности ЭД с незачищенными концами выводных проводов в упаковке, состоящей из картонных коробок, уложенных в картонные ящики, являются безопасными в отношении несанкционированных взрывов ЭД от токов наводки. При этом, с целью дополнительного повышения безопасности транспортирования ЭД в новой упаковке, целесообразно картонные коробки с ЭД перевязывать (вместо шпагата) металлической проволокой любого типа без изоляционного покрытия (кроме алюминиевой).

Библиографический список

1. **Справочник** радио-любителя под общей редакцией Куликовского А.А. — М.: Госэнергоиздат, 1963. — 500 с.
2. **Смиренин Б.А.** Справочник по радиотехнике. — М.: Госэнергоиздат, 1950. — 784 с.

© Манжос Ю.В., Терентьева Л.Н., Бунин А.Б.,
Галиакберова Ф.Н., Гориков С.С., 2005