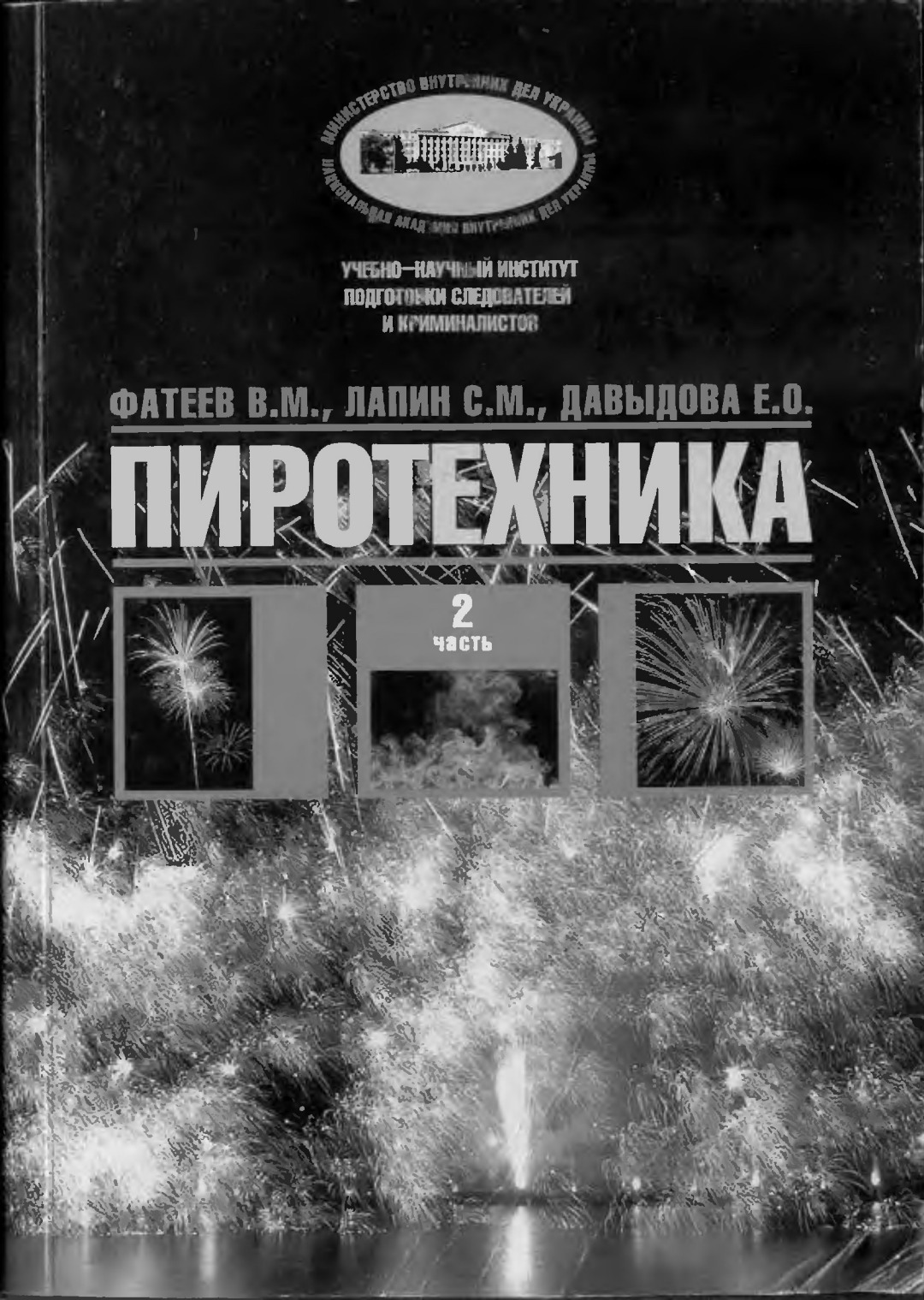




УЧЕБНО-НАУЧНИЙ ІНСТИТУТ
ПОДГОТОВКИ СЛЕДОВАТЕЛІВ
І КРИМІНАЛІСТІВ

ФАТЕЕВ В.М., ЛАПИН С.М., ДАВЫДОВА Е.О.

ПИРОТЕХНИКА



Министерство внутренних дел Украины
Национальная академия внутренних дел Украины
УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ПОДГОТОВКИ СЛЕДОВАТЕЛЕЙ И КРИМИНАЛИСТОВ

ФАТЕЕВ В. М., ЛАПИН С. М., ДАВЫДОВА Е. О.

ПИРОТЕХНИКА

Пособие

Вторая часть

Пиротехнические изделия



Киев
Университетское издательство «Пульсар»
2005

Фатеев В. М. — старший преподаватель кафедры криминалистических экспертиз Учебно-научного института подготовки следователей и криминалистов НАВДУ (Национальная академия внутренних дел Украины);

Липин С. М. — старший преподаватель Учебно-методического центра НАВДУ (Национальная академия внутренних дел Украины);

Давыдова Е. О. — начальник кафедры криминалистических экспертиз Учебно-научного института подготовки следователей и криминалистов НАВДУ (Национальная академия внутренних дел Украины), кандидат технических наук, доцент.

Под редакцией:

Колыда П. В. — заместитель министра — начальник Главного следственного управления Министерства внутренних дел Украины.

Рецензенты:

Молибoga Н. П. — начальник Научно-исследовательского экспертно-криминалистического центра при ГУМВД Украины в Киевской области;

Захматов В. Д. — заведующий кафедрой обеспечения жизнедеятельности Национального технического университета Украины, доктор технических наук, профессор.

Утверждено на заседании кафедры криминалистических экспертиз и одобрено ученым советом Учебно-научного института подготовки следователей и криминалистов Национальной академии внутренних дел Украины 2 июня 2005 г. (протокол № 11).

- © Фатеев В. М., Липин С. М.,
Давыдова Е. О., 2005
- © Кушніренко В. М., макет
і художнє оформлення, 2005
- © Університетське видавництво
«Пульсар», 2005

ВВЕДЕНИЕ

Современная пиротехника является самостоятельной отраслью техники и занимается вопросами производства и исследования осветительных, сигнальных, зажигательных, трассирующих и дымовых средств. Эти средства применяются для освещения местности, подачи цветных сигналов, зажигания горючих материалов, обозначения пути полета пули и снаряда, для корректирования стрельбы или для создания дымового облака. Их можно использовать как в военном деле, так и в народном хозяйстве. Иными словами *пиротехнические изделия* — это устройства, предназначенные для создания необходимого эффекта (светового, искрового, звукового, смешанного) с помощью горения (взрыва) пиротехнического состава.

Так что же такое пиротехника? Это, прежде всего, составная часть взрывотехники. Взрывотехника — это наука, изучающая процессы, происходящие с горючими и взрывчатыми веществами во время взрыва, т. е. изучающая химию и физику процессов, происходящих с веществами при взрыве. Исходя из вышеизложенного, пиротехника — это искусство (мастерство) приготовления и сжигания различного рода горючих и взрывчатых веществ с целью достижения определённого эффекта (звукового, светового), иными словами, искусство управления огнём. В своей книге «Введение в пиротехнику (пиротехнические составы)» А. Н. Демидов дал такое определение пиротехнике: «область техники, занимающаяся изучением «пиротехнических составов» и применением их. «пиротехника» в переводе на русский язык означает — техника огня».

По мнению многих учёных, изучающих пиротехнику, одной из основных составляющих пиротехнического изделия является пиротехнический состав.

Под термином «пиротехнический состав» обычно подразумевается всякая механическая смесь веществ, способная загораться и гореть самостоятельно с образованием пламени, дымового облака или с выделением большого количества газов. Иными словами, пиротехнический состав представляет собой механическую смесь тонко измельченных твердых или твердых

и жидких компонентов, выделяющих при горении световую и тепловую энергию и образующую газообразные и конденсирующие продукты.

В соответствии с Государственным стандартом Украины ДСТУ 4105-2002 "Изделия пиротехнические бытовые. Общие требования безопасности", *пиротехнический состав* — смесь компонентов, предназначенная для снаряжения пиротехнических изделий с целью получения различных эффектов.

В данном пособии дается представление о пиротехническом изделии, его конструкции, составляющих, технологическом процессе его изготовления. Также рассматриваются сырье и вспомогательные материалы, приведены основные сведения о химических веществах, их реакциях и технологии приготовления пиротехнических составов. Дана классификация пиротехнических средств соответственно их применению.

Пиротехника широко используется в жизнедеятельности человека. Поэтому задача, стоящая перед авторами, — показать роль пиротехнических изделий в том или ином процессе нашей жизни. Одной из областей их применения является проведение фейерверков. Фейерверки — необычайно эффектные и запоминающиеся зрелища. Они становятся все более популярными и доступными на Украине. Ассортимент фейерверочных изделий, находящихся в свободной продаже или используемый профессиональными пиротехниками, необычайно широк. К сожалению, любители еще плохо представляют возможности фейерверков, а также необходимость соблюдения требований мер безопасности при их проведении.

На уровне пользователя достаточно знать, как правильно обращаться с пиротехническими изделиями, поступающими в торговую сеть Украины. Наличие в составе указанных изделий взрывчатых смесей заставляет уделять особое внимание вопросам безопасности при их использовании. Только при этом условии они принесут радость окружающим.

Часть I

УСТРОЙСТВО ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Пиротехническое изделие (ПИ) — устройство, предназначенное для создания необходимого эффекта (светового, искрового, дымового, звукового, смешанного) с помощью горения (взрыва) пиротехнического состава.

Пиротехнический состав (ПС) — смесь окислителя, горючего и дополнительных компонентов либо компоновка основных двойных смесей, в результате горения которых достигается характерный именно для этого состава световой (дымовой), шумовой, смешанный эффект.

Отличительными признаками пиротехнических изделий являются *маркировочные обозначения и опознавательные знаки*, которые обычно наносятся на поверхность корпусов или отдельных элементов их конструкции (средства инициирования, крышки, колпачки и т. п.). Они содержат информацию о заводе-изготовителе и (или) снаряжательном заводе, номере партии, в составе которой они изготовлены, годе изготовления, типе изделия. В некоторых случаях — о его назначении и виде снаряжения. Следует отметить, что в составе маркировки пиротехнического изделия военного назначения указывается шифр завода-изготовителя, который записывается в виде определенной последовательности цифр или графического символа. В маркировке остальной пиротехнической продукции информацию о заводе-изготовителе обычно несет товарный знак в виде графического символа.

Основные составляющие пиротехнических изделий:

- корпус;
- пиротехнический состав;
- средства инициирования;
- дополнительные (вспомогательные) элементы.

Глава 1. КОРПУС

Корпус предназначен для размещения пиротехнического состава, средства инициирования, вспомогательных элементов, направляющих (стабилизаторов) и крепежа.

Корпусы могут изготавливаться из различных материалов, иметь разную форму, размеры, конструкцию и окраску.

Материалом для корпусов служат: бумага, картон, пластмасса, резина, стеклоткань, текстолит, пенопласт, металл. Используются также их комбинации: металл — бумага, картон — бумага, пластмасса — резина и т. п. Этот перечень характерен для корпусов всех видов пиротехнических изделий.

Различие форм, размеров и конструкций обусловлено большим разнообразием пиротехнической продукции, а также ее назначением. Наиболее часто встречаются корпуса цилиндрической или сложной комбинированной формы. Размеры бывают от нескольких миллиметров (воспламенительные средства) до нескольких метров (противогазовые ракеты).

По конструкции корпуса подразделяются:

- простой;
- сложный;
- комбинированный.

Простой — имеет цилиндрическую (конусообразную) или сферическую форму, изготовлен из бумаги (картона) либо полимера.

Сложный — имеет цилиндрическую (конусообразную) или сферическую форму, изготовлен из бумаги (картона) либо полимера и содержит в своей конструкции вспомогательные элементы.

Комбинированный — имеет цилиндрическую (конусообразную) или сферическую форму, изготовлен из бумаги (картона), полимеров, алюминия и содержит в своей конструкции вспомогательные, а также специальные крепежные элементы и направляющие.

По степени устойчивости корпуса бывают стабильные и нестабильные.

Стабильный корпус в процессе срабатывания пиротехнического состава сохраняет свою форму, а *нестабильный* — разрушается.

Корпусы могут быть окрашены в различные цвета или иметь натуральные цвета материалов, из которых они изготовлены. Как правило, пиротехническая продукция военного назначения имеет специфическую буро-зеленую (защитную) или серо-зеленую окраску. Пиротехнические изделия гражданского на-

значения окрашены в белый, черный, серый, желтый, коричневый, оранжевый, зеленый, синий цвета или их сочетания.

На примере больших шашек черного дыма и мощного фейерверочного искристого фонтана рассмотрим устройство этих изделий и технологию изготовления корпусов для них.

Основные характеристики шашек черного дыма

Номера шашек	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Вес шашек, (кг)	1,4	1,1	0,25	0,14
Продолжительность горения, (мин.)	2	1,5	2	1,5

Все шашки состоят из цилиндрического корпуса, наполненного составами, образующими черный дым при горении. Нижний торец корпуса отбортован внутрь, на него изнутри запрессован и приклеен картонный кружок. Второй кружок запрессовывают поверх состава.

Размерные характеристики корпусов для дымовых шашек

Номера шашек	№ 1	№ 2
Диаметр накатника	100 мм	100 мм
Высота корпуса	200 мм	150 мм
Высота отбортовки	15 мм	15 мм
Количество слоев бумаги	12	12
Диаметр картонного кружка	100 мм	100 мм
Толщина картонного кружка	2 мм	2 мм

Навивку бумаги на навойник-накатник производят при помощи токарного станка ДИП-200, переделанного для катки гильз, с одновременным нанесением клеевого казенного раствора. Затем на другом станке корпуса обрезают по размеру и в полусухом состоянии отбортовывают. Вырубку кружков производят на специально оборудованном для этой цели прессе. При заделке нижнего, донного торца, опускают картонный кружок на отбортованный край гильзы и приклеивают.

Основные характеристики мощного искристого фонтана

Вес	250 г
Внутренний диаметр	45 мм
Высота изделия	140 мм
Продолжительность горения	50 сек.
Гарантийный срок хранения	3 мес.

В цилиндрический бумажный корпус запрессован искристый пиротехнический состав с центральным каналом вдоль вертикальной оси изделия. В дошней части запрессована негорючая глина, в верхней части — сопло, также из негорючей глины. Диаметр отверстия сопла равен диаметру канала. Воспламенение фонтана облегчено и стабилизировано за счет впрыска в нижнюю часть центрального канала воспламенительного состава. Горение происходит по всей поверхности центрального канала, что обеспечивает максимальное увеличение горячей поверхности, особенно в последней фазе.

Изготавливают корпуса на станке из патронной бумаги марки "А", с полным промазыванием казеиновым клеем, со следующими параметрами: высота — 140 мм; внутренний диаметр — 45 мм; число оборотов бумаги — 16.

Кружок для нижнего торца диаметром 45 мм вырубает из толстого картона.

Глава 2. ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ СОСТАВЫ

Решение задач по созданию различных эффектов при помощи пиротехнических изделий требует применения специальных пиротехнических составов, дающих при своем горении самые разнообразные огненно-световые и дымовые эффекты.

Огонь, которым выражается действие пиротехнических составов, является следствием быстро протекающих экзотермических реакций, сопровождающихся образованием нагретых продуктов. Примерами таких реакций являются соединения многих веществ с кислородом.

В зависимости от свойств веществ мы имеем ряд различных по их интенсивности окислительных процессов.

Многие из них сопровождаются образованием пламени, т. е. непрерывным потоком раскаленных газов, образующихся в сфере реакции. Для образования пламени необходимы кислород и вещества, горящие в нем, в дальнейшем будем называть их вещества *горючие*.

Источником кислорода могут служить воздух или химические соединения, содержащие в своем составе кислород. Для пиротехнических целей нельзя использовать атмосферный кислород из-за его сильной разбавленности азотом и потому малой концентрации в единице объема. Приходится получать его

из химических соединений. Но не все вещества, в которых он находится, пригодны для пиротехники, подходят только содержащие его в большом количестве и сравнительно легко отдающие. Эти вещества называются *окислителями*.

При нагревании окислители выделяют кислород. От степени нагрева зависит интенсивность его выделения. В свою очередь, в зависимости от свойств веществ окислительные процессы будут протекать с различной скоростью. Скорость разложения окислителя зависит также и от его химической природы.

Этот процесс бывает экзотермическим (с выделением) или эндотермическим (с поглощением) тепла. В первом случае теплота способствует дальнейшему его распаду — и тем быстрее, чем больше выделяется теплоты.

При эндотермическом превращении вещества процесс распада не может приобрести ускоренно-прогрессивный характер, так как фактор ускорения (теплота разложения) отсутствует, потому процесс совершается лишь тогда, когда имеется поступление энергии извне. В этом случае количество теплоты, поступающей для разложения, будет создавать различные степени нагревания вещества: медленное при малом поступлении и более быстрое — при большем количестве теплоты.

Пользуясь этим, можно задавать любую скорость разложения окислителя, что весьма ценно для получения необходимого пиротехнического эффекта — быстрого или, наоборот, медленного горения состава.

Теплота, необходимая для разложения окислителя, находящегося в смеси с горючим, выделяется во время реакции соединения кислорода с горючим веществом. Химическая природа последнего обуславливает характер горения. Чем больше химическое сродство у горючего с кислородом, тем легче возникает этот процесс и тем энергичнее он проходит.

Наиболее подходящими для пиротехнических целей являются следующие окислители:

- нитраты калия, бария, стронция и свинца — KNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$;
- хлораты калия и бария — KClO_3 и $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$;
- перхлораты калия и бария — KClO_4 и $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$;
- перманганат калия — KMnO_4 ;
- хромат и бихромат калия — K_2CrO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;

- окислы металлов бария, марганца и свинца — BaO_2 , MnO_2 , PbO_2 и Pb_3O_4 .

Исходя из вышеизложенного, необходимо отметить, что окислители и горючие являются основными компонентами пиротехнических составов. Понимание процессов, протекающих в них, является результатом знания химической природы этих компонентов. Рассматривая теорию образования составов, обратимся к характеристике веществ, приведенной А. Н. Демидовым в книге "Введение в пиротехнику (пиротехнические составы)".

2.1. ОКИСЛИТЕЛИ

2.1.1. Соли азотной кислоты (нитраты)

Из многочисленных представителей этого рода солей применяются главным образом только нитрат калия и нитрат бария; другие нитраты, ввиду их большой гигроскопичности или недостаточной химической стойкости в смеси с горючим, используются редко. Нитраты являются сильными окислителями. Выделение кислорода из нитратов является процессом эндотермическим. Этот процесс продолжается только в том случае, если в результате взаимодействия выделяющегося из окислителя кислорода с горючим, прибавленным к нитрату, одновременно возникает процесс, образующий столько тепла, что оно с избытком покрывает теплоту, потребляемую на разложение нитрата. По такой реакции происходит горение дымного (черного) пороха.

Нитрат калия (селитра, или азотнокислый калий) KNO_3
 $M = 101,1$

Нитрат калия имеет вид кристаллического порошка, состоящего из безводных, бесцветных шестигранных призм. Удельный вес — 2,1.

На воздухе не изменяется. Имеет горький вкус. При медленном выпаривании водного раствора кристаллы выделяются в виде ромбодров.

Растворимость в 100 весовых частях воды:

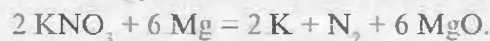
Температура	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	114°
KNO_3 (вес. частей)	13,3	21,1	31,2	44,5	64,0	86,0	111,0	139,0	172,0	206,0	247,0	327,4

В безводном спирте селитра не растворяется. Плавится при 339°C , а при красном калении (400°C) теряет кислород, превращаясь в нитрит: $2\text{KNO}_3 = 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2$.

Для пиротехнических составов используется нитрат калия только в чистом виде, не содержащий нерастворимых в воде примесей, особенно песка. Не должно быть в нем кальциевых, натриевых и магниевых солей, делающих нитрат гигроскопичным. Сернокислых и хлористых солей допускается не более 0,03%.

По своей негигроскопичности и химической стойкости нитрат калия занимает одно из первых мест среди окислителей, применяемых в пиротехнических составах. Селитра с горючими по интенсивности горения создает ряд разнообразнейших смесей, начиная со смесей, не горящих на воздухе при поджигании (с серой, сахаром, канфолью), и заканчивая смесями, сгорающими со вспышкой (с магнием, алюминием).

Смесь нитрата калия с древесным углем хорошо горит, образуя пламя, причем смеси, рассчитанные на неполное окисление (до CO), горят быстрее смесей, рассчитанных на полное сгорание (до CO_2). Большинство смесей малочувствительны к трению, исключение составляют смеси с антимонитом Sb_2S_3 , магнием Mg и алюминием Al . С порошком магния реакция разложения выражается уравнением:



Нитрат калия применяется главным образом в тройной смеси, называемой пороховой смесью (селитра, сера, уголь).

Исходя из того, что нитрат калия для пиротехнических составов пригоден только в чистом виде. А. С. Костиков и С. В. Бабак в своей книге "Пиротехника" (Харьков, 2001) предлагают следующие способы определения его чистоты.

Чтобы испытать чистоту селитры, нужно положить несколько ее кристалликов на металлическую ложку, полить их безводным спиртом и поднести ложку к спиртовому пламени. Если содержимое ложки горит светло-желтым огнем, края его окрашены в лиловый цвет, можно быть уверенным в чистоте селитры, если же лиловая окраска не появляется, то это указывает на присутствие в селитре азотнокислого натрия.

Чтобы узнать, нет ли в этой селитре поваренной соли или хлористого калия, необходимо растворить несколько ее кристалликов в дистиллированной воде и добавить туда несколько капель раствора ляписа (нитрат серебра) AgNO_3 . Если жид-

кость приобретает мутно-молочный вид, это признак того, что селитра содержит примесь поваренной соли или хлористого калия. Селитру с такими примесями можно использовать для искристых составов, для пламенных же составов пригодна только химически чистая селитра.

Признаки чистой селитры следующие: она должна состоять из длинных белых сухих кристаллических палочек, с несколько горьковатым, сильно охлаждающим вкусом. Если она имеет соленый вкус, то в ней содержится поваренная соль; кроме того, на воздухе чистая селитра не должна изменяться, в противном случае в ней содержится азотнокислый натрий.

“Для превращения в порошок селитру надо просушить в течение нескольких дней на теплой печке, а потом истолочь в ступке. Или же, для скорого обращения в порошок большого количества селитры, поступают так: в чугунный котел наливают воды, чтобы она покрывала положенную туда селитру, затем ставят чугун на огонь и размешивают жидкость до тех пор, пока вся селитра не растворится. Затем усиливают огонь и варят смесь, продолжая помешивать, до полного испарения воды и высыхания осаживающейся в виде порошка селитры, которую и просеивают потом для употребления в дело”*.

Нитрат бария (азотнокислый барий) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

$M = 261,4$

По внешнему виду нитрат бария представляет собой бесцветные кристаллы в форме октаэдра. Удельный вес — 3,23. Плавится при 592°C .

На воздухе не изменяется. Имеет острый и горький вкус. В спирте не растворим. Почти не растворяется в концентрированной азотной кислоте.

Растворимость в 100 весовых частях раствора:

Температура	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (вес. частей)	4,8	6,5	7,9	10,4	12,4	14,6	16,9	19,1	21,3	23,4	25,5	29,3

Смеси нитрата бария с горючими веществами по характеру горения аналогичны подобным смесям нитрата калия. Применяют нитрат бария в цветопламенных, осветительных, трасси-

рующих и других составах. Он служит для придания пламени зеленого цвета.

“При этом необходимо делать пробу химической чистоты препарата, так как в нем часто присутствует примесь натриевых солей, и тогда он не пригоден для получения качественного зеленого огня. Проба чистоты нитрата производится следующим образом: небольшое количество его насыпают на ложку, обливают спиртом (60°), ложку со смесью держат в спиртовом пламени. Если пламя окрашивается ярко-зеленым цветом, — соль чистая, если же цвет желтоватый или совсем желтый, то в соли есть натриевая примесь и препарат не годен к употреблению”*.

Нитрат стронция (азотнокислый стронций) $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$

$M = 211,7$

Нитрат стронция, подобно нитрату бария, представляет собой по внешнему виду бесцветные кристаллы в форме прозрачных октаэдров. Выделяются они при выпаривании водного раствора выше $31,3^\circ\text{C}$ без кристаллизационной воды, а при медленном испарении раствора ниже этой температуры — с $4 \text{ H}_2\text{O}$.

На сухом воздухе водный нитрат теряет кристаллизационную воду, происходит выветривание кристаллов, а на влажном — сильно отсыревает. Удельный вес — 2,93. Температура плавления — 645°C .

В спирте и концентрированной азотной кислоте не растворяется.

Растворимость в 100 весовых частях раствора:

Температура	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	107,9°
$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (вес. частей)	28,3	35,5	41,5	46,7	47,7	48,1	48,5	48,9	49,3	49,7	50,3	50,7

Двойная смесь с шеллаком сгорает медленно, почти без образования дыма, давая красное пламя; аналогичная смесь с нитратом бария сгорает также без дыма, но даёт светло-зелёное пламя.

Применяется нитрат стронция в составах красного огня. Цвет пламени сильно зависит от наличия примесей и поэтому нитрат применяется только в химически чистом виде.

* Здесь и далее — Костиков А. С., Бабак С. В. Пиротехника. — Харьков, 2001.

“К сожалению, эта соль притягивает сырость, вследствие чего составы, к которым она применяется, не могут долго сохраняться. Прежде чем соединить азотнокислый стронций с другими веществами, его необходимо просушить в течение нескольких дней на очень теплой печке. В аптеках его можно приобрести почти сухим, т. е. с незначительной долей сырости, но все равно его следует просушивать. Находящийся же в продаже в других торговых заведениях, он почти всегда смешан с натриевыми солями и нередко даже с селитрой, а потому не может придавать огню ярко-красный густой цвет, а только светло-оранжевую окраску”*.

Нитрат свинца (азотнокислый свинец) $Pb(NO_3)_2$
 $M = 331,12$

Из кислого раствора нитрат свинца кристаллизуется довольно большими прозрачными, безводными и бесцветными октаэдрами, а из среднего — непрозрачными, белыми небольшими кристалликами. На вкус — сладковатый, вязущий. Ядовит. Удельный вес — 4,41.

В спирте и концентрированной азотной кислоте не растворим. Растворимость в 100 весовых частях воды:

Температура	0°	10°	20°	30°	40°	50°	70°	100°
$Pb(NO_3)_2$ (вес. частей)	38,7	48,3	56,4	65,5	75,2	85,1	105,8	138,9

Нитрат свинца, брошенный на раскаленные угли, слабо вспыхивает; то же происходит при растирании его с серой.

На воздухе нитрат не отсыревает.

Применяется преимущественно в составах, которые при горении дают много мелких и красивых искр.

“Эта соль белого цвета, состоящая из кристаллов кубической формы. Ее используют для приготовления искристых составов без запаха. Азотнокислый свинец хранится исключительно в виде кристаллов, потому что в истолченном состоянии он под действием солнца и дневного света через непродолжительное время разлагается. Его следует проверять, растворив в дистиллированной воде. Если раствор остается чистым и прозрачным, то нитрат еще не подвергся разложению. Когда жидкость мутная и дала осадок, это признак того, что он уже отчасти

разложился и поэтому не пригоден. Следует хранить это вещество в кристаллическом виде, растирая каждый раз в порошок лишь необходимое для использования количество. В крайнем случае его можно хранить и в виде порошка, но в стеклянных бутылках, обклеенных черной бумагой и закупоренных стеклянными притертыми пробками. Соль эту не следует смешивать с хлористым калием, так как может произойти самовозгорание”**.

2.1.2. Соли хлорноватой и хлорной кислот (хлораты и перхлораты)

Из солей хлорноватой кислоты наиболее широко применяются соли калия и бария. Они являются труднозаменимыми окислителями при образовании цветных пламенных составов. Смеси с хлоратами горючих веществ весьма чувствительны к механическим воздействиям. При сравнительно небольших ударах или при трении эти смеси загораются и даже взрываются. Поэтому они называются смесями ударными и фрикционными, или терочными. Сами хлораты очень чувствительны к примесям кислого характера. Присутствие даже следов кислоты вызывает их разложение. При наличии хлората, в виде смеси с каким-либо горючим, начавшееся разложение заканчивается самовозгоранием этой смеси.

Хлорат калия (хлорноватистый калий, бертолетова соль) $KClO_3$
 $M = 122,56$

По внешнему виду хлорат калия представляет собой бесцветные, безводные, прозрачные листовидные кристаллы. Удельный вес кристаллов — 2,34.

На вкус — горьковато-соленый. Не гигроскопичен. На воздухе не изменяется.

Растворимость в 100 весовых частях воды:

Температура	0°	15°	35°	50°	75°	104,8°*
$KClO_3$ (вес. частей)	3,3	6,0	12,0	19,0	36,0	60,0

В безводном спирте почти не растворяется (100 частей спирта при 15°C растворяют 0,833 г). При нагревании до 357°C плавится (не разлагаясь).

В чистом виде бертолетова соль весьма убойчива, зато смеси ее с углем, серой, фосфором и порошкообразными металлами (алюминием, магнием, сурьмой, цинком и др.), а также со многими сернистыми соединениями металлов (например, Sb_2S_3 , As_2S_3 , Cu_2S), обладают очень большой чувствительностью к механическим воздействиям.

От удара или трения эти смеси дают вспышку или взрыв.

От искры они легко загораются, и некоторые смеси сгорают чрезвычайно быстро. Этим свойством отличаются смеси хлората с порошкообразными и сернистыми металлами.

При растирании самых незначительных количеств таких смесей в фарфоровой ступке слышен треск, а иногда происходит взрыв.

Смеси хлората калия с органическими горючими веществами имеют такие же свойства. Некоторые из них, например, смесь хлората с сахаром легко загорается от капли серной кислоты H_2SO_4 .

Серная кислота при соприкосновении с хлоратом разлагает его, выделяя свободную хлорноватую кислоту, которая сейчас же разлагается с образованием двуокиси хлора ClO_2 .

Двуокись хлора — газ темно-желтого цвета — имеет острый запах, похожий на запах хлора. Этот газ легко взрывается при нагревании и от соприкосновения с органическими веществами. При воздействии капли серной кислоты на смесь бертолетовой соли с сахаром выделяющаяся двуокись хлора (ClO_2) от соприкосновения с сахаром мгновенно разлагается на хлор и кислород, которые в момент выделения, являясь энергичнейшими окислителями, окисляют сахар, загорающийся от выделяющейся при этом теплоты.

Другие кислоты действуют аналогично серной, но не так энергично. Кислотность в смесях с $KClO_3$ служит причиной их самовозгорания, что ни в коем случае не допускается.

По легкости разложения и большому количеству активного кислорода $KClO_3$ занимает одно из первых мест в ряду окислителей, применяемых в пламенных цветных составах.

В обращении с хлоратом, особенно во время приготовления смеси, следует соблюдать особую осторожность. Растирание $KClO_3$ с каким-либо горючим веществом в ступках абсолютно недопустимо.

Для приготовления составов хлорат применяется только в

химически чистом виде, потому что малейшее загрязнение его органическими веществами, например пылью, при работе может привести к весьма тяжелым по своим последствиям взрывам.

В хлорноватистом калии могут присутствовать лишь соли, не оказывающие существенного влияния на пламя. Он служит для воспроизведения всех цветных огней (бенгальских огней) и, кроме того, широко используется в медицине.

Превратить его в порошок просто и безопасно: растолочь в чистой и совершенно сухой металлической ступке, но следует остерегаться, чтобы туда не попал какой-нибудь горючий материал — уголь, сера, сахар, осколок дерева, так как это может привести к взрыву. Хлорноватистый калий, растертый или истолченный с посторонним горючим веществом, воспламеняется, и взрыв имеет разрушительную силу, большую, чем порох. Целесообразно толочь бертолетову соль в металлической посуде, но самое безопасное — растирать ее в фарфоровой ступке пестиком из того же материала, причем соль легко смачивается безводным спиртом. Обращение с этой солью также требует величайшей осторожности**.

Хлорат бария (хлорноватистый барий) $Ba(ClO_3)_2$

$M = 304,3$

По внешнему виду хлорат бария представляет собой кристаллический порошок белого цвета, по вкусу напоминающий бертолетову соль. Кристаллы имеют призматическую форму, не гигроскопичны.

Растворимость в 100 весовых частях раствора:

Температура	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	99,1°	104,6°
$Ba(ClO_3)_2$ (вес. частей)	14,46	17,52	20,63	22,75	24,90	26,84	28,60	30,10	31,46	32,75	33,84	34,50

В безводном спирте не растворяется.

При нагревании до 300–310°C начинает разлагаться и при более высокой температуре взрывается. Свойства хлората бария подобны свойствам бертолетовой соли, и потому при работе с ним нужно принимать те же меры предосторожности.

Основные смеси с этим окислителем горят зеленым пламенем.

Перхлорат калия (хлорнокалиевая соль) KClO_4

M = 138,56

Белый, очень мелкий кристаллический порошок. Удельный вес кристаллов — 2,54. Не гигроскопичен. Плавится при 610°C и заметно распадается при 420°C .

Растворимость в 100 весовых частях раствора:

Температура	0°	15°	50°	100°
KClO_4 (вес. частей)	0,70	1,52	5,07	15,80

В спирте растворяется еще меньше, чем в воде. В химическом отношении он устойчивее хлората. Не разлагается ни соляной, ни азотной кислотами, ни разбавленной серной кислотой. Концентрированная H_2SO_4 вытесняет хлорную кислоту, которая улетучивается при нагревании. Обычные восстановители не действуют на растворы перхлората калия. Восстанавливается он только фосфористой и муравьиной кислотами.

Разложение перхлората калия носит эндотермический характер в противоположность хлорату калия. Поэтому смеси его с горючими веществами по своим свойствам похожи на смеси с селитрой. Относительно высокое содержание в нем кислорода допускает приготовление таких смесей, которые дают большие количества газообразных продуктов, чем смеси с другими окислителями. Меньшая чувствительность смесей к механическим воздействиям представляет несомненные преимущества при обращении с перхлоратом калия.

2.1.3. Другие окислители**Перманганат калия (марганцевокалиевая соль) KMnO_4**

M = 158,8

Перманганат по внешнему виду представляет собой ромбические кристаллы темно-фиолетового, почти черного цвета с зеленоватым металлическим отблеском. Удельный вес — 2,7. Вкус терпкий, неприятный, порошок соли — красного цвета. На воздухе не изменяется. Не гигроскопичен.

Растворимость в 100 весовых частях раствора:

Температура	0°	10°	15°	25°	$34,8^\circ$	40°	50°	55°	65°
KMnO_4 (вес. частей)	2,75	4,01	4,95	7,60	9,64	10,40	14,35	16,20	20,02

Растворяется в ледяной уксусной кислоте, пиридине, ацетоне, метиловом спирте.

Перманганат калия является сильнейшим окислителем. Смеси его с горючими веществами обладают очень большой чувствительностью к механическим и тепловым воздействиям. Например, смесь с серой при слабом растирании, даже корковой пробкой, загорается. От искры, пламени и нагревания смеси легко загораются, что также происходит и от смачивания их каплями концентрированной серной кислоты.

Из-за этих свойств смеси перманганата нельзя использовать в больших количествах, так как они могут воспламениться или взорваться.

Щавелекислый стронций SrC_2O_4

Щавелекислый стронций, как и азотнокислый стронций $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, применяется для получения красного пламени. Он имеет вид белого, нежного на ощупь кристаллического порошка. Эту соль можно изготовить следующим образом: в отдельные сосуды наливают горячую воду и помещают туда химически чистый азотнокислый стронций, затем добавляют раствор щавелевой кислоты до тех пор, пока не получится осадок, это и есть щавелекислый стронций. Жидкость, находящуюся поверх слоя осадка, сливают, а осадок промывают в дистиллированной воде и хорошо высушивают. Так как щавелекислый стронций невосприимчив к сырости, его применяют чаще азотнокислого стронция**.

Каломель, или хлорид ртути Hg_2Cl_2

Каломель — соединение ртути и хлора, используется как в медицине, так и в пиротехнике. Это бледно-желтый порошок, хранить который следует в темной, закупоренной стеклянной посуде. Каломель используется в фейерверках (в фейерверочных пиротехнических изделиях) для того, чтобы убрать желтоватый и красноватый оттенки из пламени; обладает свойством умерять силу пламени.

Используют каломель двух видов: один приготовленный

мокрым способом, а другой — сухим. В фейерверочном деле оба вида оказывают на пламя совершенно одинаковое действие. Это вещество ядовитое. Требуется большая осторожность не только при изготовлении из него составов, но и при сжигании их в закрытых помещениях. При сгорании оно выделяет вредные пары**.

2.1.4. Окислы металлов

Для пиротехники имеют значение только те окислы металлов, которые при нагревании разлагаются, выделяя свободный кислород. Наиболее используемыми из них являются перекись бария BaO_2 , двуокиси марганца MnO_2 и свинца PbO_2 , а также свинцовый сурик Pb_3O_4 . Эти окислители находят широкое применение в смесях термитного характера, смесях с алюминием или магнием.

Перекись бария BaO_2

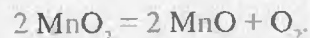
$M = 169,4$

Перекись бария — белый тяжелый порошок, не растворимый в воде. При нагревании выше 700°C разлагается на окись бария и кислород. При нагревании с горючими веществами является сильным окислителем. Рыхлая или свободно насыпанная BaO_2 способна воспламенить стружки, тряпки, солому и тому подобные горючие вещества. При смешивании BaO с холодной водой образуется гидрат перекиси бария $\text{BaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, который при кипячении с водой разлагается, выделяя гидрат окиси бария $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и кислород. Разведенные кислоты разлагают BaO_2 с образованием H_2O_2 .

Двуокись марганца MnO_2

$M = 86,93$

По внешнему виду это — лучисто-кристаллические куски, неровного излома. Удельный вес — 4,7–5,0. Куски стального или черно-серого цвета, а в порошке — черно-серого, графитового. При нагревании до 530°C двуокись марганца распадается:



Смеси с порошкообразным магнием и алюминием обладают большой чувствительностью к механическим воздействиям

и при поджигании сгорают со вспышкой. Иногда применяются в зажигательных составах.

Двуокись свинца PbO_2

$M = 239,2$

Двуокись свинца — аморфный порошок, темно-бурого цвета, без запаха и вкуса. Удельный вес — 9,19–9,36. В воде не растворяется.

Является сильным окислителем. При растирании смесей с горючими веществами некоторые из них воспламеняются. Например, смесь с серой. Применяется главным образом в спичечных составах.

Свинцовый сурик Pb_3O_4

$M = 685,6$

Сурик представляет собой ярко-красный порошок. Удельный вес — 8,62–9,08. При нагревании сурик постепенно принимает красный, затем фиолетовый оттенок, наконец, чернеет, остывая, снова принимает прежнюю окраску. Плавится при температуре 830°C , выделение кислорода начинается при нагревании свыше 500°C .

В смесях с горючими веществами ведет себя аналогично двуокиси свинца. Находит применение в зажигательных составах.

Окись меди CuO

$M = 79,57$

Окись меди — черный порошок, без запаха и вкуса, не растворим в воде и спирте, но легко растворяется в кислотах, образуя соответствующие соли. Удельный вес — 6,4. Плавится при температуре 1140°C . При нагревании в атмосфере водорода, окиси углерода или углеводородного газа окись меди восстанавливается до металлической меди. При нагревании с ней так же легко восстанавливают окись меди и органические вещества, на чем и основан элементарный анализ органических веществ. Может служить для образования синих и зеленых огней.

2.2. Горючие вещества

Горючие вещества, применяемые в пиротехнических составах, должны обладать большим сродством к кислороду, в этом случае можно получить хорошо действующие смеси.

К наиболее распространенным и доступным горючим веществам следует отнести:

- уголь древесный, сажа, сера;
- металлы в порошкообразном состоянии — магний, алюминий, железо, цинк, сурьма;
- сернистые металлы — антимонит (сернистая сурьма), полусернистая медь, реалгар (сернистый мышьяк);
- углеводороды — парафин, нафталин, антрацен;
- углеводы — сахар молочный и пищевой, крахмал, декстрин;
- смолы — шеллак, канифоль, идитол;
- склеивающие вещества — аравийская камель (гуммиарабик), перечисленные выше смолы, а также декстрин, льняной клей, олифа.

Уголь древесный С

М = 12,0

Для пиротехнических целей лучший уголь — черный, получаемый при высоких температурах обжига мягких древесных пород. Например, ольха, черемуха, ива, крушина, осина, липа, сосна. Это все уголь, получаемый из деревьев, не обладающих значительной плотностью и твердостью. Уголь из твердых пород деревьев используется только для ракет, так как искры их должны долго гореть, отчего состав ракетной начинки получает большую плотность и силу. Из угля мягкого дерева получают красивые блестящие светло-желтые искры, а твердого — красно-бурые искры.

“Чтобы получить пригодный для фейерверочных изделий уголь, раскалывают выбранные для этой цели куски дерева на части, приблизительно в 3 см толщиной и 30 см длиной и хорошо просушивают в печке. Потом следует взять крупных размеров чугунную посудину, плотно закрывающуюся крышкой, уложить в нее наклонно крестообразными рядами дрова и поджечь их. Как только дрова сгорят, чугун накрывают крышкой и оставляют его часов на 10–12, затем просеивают угли от золы через редкое проволочное сито.

Измельчают уголь в порошок толчением в чугунной ступке или, еще лучше, дробят молотком в кожаном мешке. В фейерверочных изделиях используют два вида измельченного угля: мелкоистолченный и крупноистолченный”*.

Хорошо выжженный уголь тверд; без всякого блеска, в кусках — синевато-черного цвета, в порошке — черный; хрупок. При ударах звонит. Горит без пламени. Плотность — 1,5–1,84. Содержание углерода — 80–85%. Температура воспламенения — около 385°C. Степень горючести угля различна и зависит от разных причин. Например, сильно прокаленный уголь загорается труднее и горит медленнее, чем слабо прокаленный. В зависимости от этого для составов, которые должны гореть быстро, без искр, берут уголь слабо прокаленный, а для составов, которые должны образовывать при сгорании искры, уголь твердых пород и сильно прокаленный.

Окислители легко раскисляются углем, потому что количество тепла, выделяющегося при этом процессе, достаточно для разложения еще не раскисленного окислителя. Это свойство обуславливает хорошее горение всех углевых двойных основных смесей. Вследствие большой адсорбирующей способности порошкообразного угля его хранение в больших количествах сопряжено с опасностью самовозгорания. Хранить его следует в железной, плотно закрывающейся укупорке, в количестве не более 10–12 кг.

Сажа С

М = 12,0

Сажей называют копоть, которая выделяется при горении органических веществ с большим содержанием углерода, как, например, смолы, нафталина, керосина, скипидара и т. п. Собранный сажа имеет вид порошка, жирного на ощупь, черного цвета. Водой она плохо смачивается вследствие содержания пригорелых веществ, которыми и обуславливается ее запах.

Для составов, имеющих окислителями хлораты, такую сажу не следует употреблять из-за опасности получения непрочных по химической стойкости смесей.

Для удаления пригорелых примесей сажу хорошо прокалывают без доступа воздуха в закрытых тиглях и горшках и там же дают ей охладиться до температуры среды, не открывая крышки.

Применяется сажа главным образом в цветно-пламенных составах вместо угля во избежание получения мелких искр.

Сера S

M = 32,07

По внешнему виду сера представляет плотное, хрупкое вещество желтого цвета, без запаха и вкуса. Точка плавления — 113°C, кипения — 446,6°C, воспламенения — 260°C. Удельный вес — 1,97–1,99 (черенковая сера) и 2,04–2,07 (ромбическая, неочищенная сера). Не растворяется в воде, спирте, эфире.

Растворяется во многих органических растворителях, жирных маслах, хлороформе и особенно сероуглероде и хлористой сере, а также щелочах.

В продаже встречается в виде черенковой серы и тонкого порошка, называемого серным цветом. Для пиротехнических составов используется исключительно черенковая сера, как наиболее чистое вещество, освобожденное от посторонних примесей.

Сера по своей природе для некоторых составов является незаменимым горючим, особенно в составах цветных огней, способствуя образованию чистых оттенков цвета пламени.

“Для искристых составов используют ради дешевизны черенковую толченую серу лимонно-желтого цвета.

Для пламене-огневых составов (свечей, светящихся шаров, бенгальских огней) можно брать только очищенную серу.

Ни в коем случае нельзя использовать неочищенную серу, содержащую сернистую кислоту (H_2SO_3), которая легко может привести, иногда даже по прошествии нескольких недель, к самовоспламенению искристых или других составов, содержащих бертолетову соль ($KClO_3$).

Чтобы узнать, нет ли в очищенной сере сернистой кислоты, нужно всыпать 1 лот испытуемой серы в бутылку и налить воды столько, чтобы с помощью встряхивания образовалась киселеобразная гуща. Оставить ее в бутылке на несколько дней, в продолжение которых иногда встряхивать бутылку. После отделить из гущи часть воды и в нее опустить кусок лакмусовой бумаги, если она покраснеет, — значит, сера содержит сернистую кислоту и, во избежание самовоспламенения состава, не пригодна для фейерверочных изделий**.

Магний Mg

M = 24,32

Магний представляет собой порошок белого цвета, с металлическим блеском, подобно серебру. Удельный вес — 1,75. Температура плавления — 650°C, кипения — 1120°C.

При нагревании на воздухе порошковый магний воспламеняется при температуре около 550°C и сгорает, образуя окись (MgO). Уже при комнатной температуре вступает в реакцию с водой. При 100°C разложение воды проходит менее энергично, вследствие образования на поверхности металла слоя окиси. В разбавленных соляной, серной и азотной кислотах энергично растворяется с выделением водорода.

При тушении горящего порошка магния водой происходит взрыв, так как при высокой температуре горения магния вода разлагается на составные части. Магний является одним из наиболее теплотворных элементов.

Смеси в виде порошка сгорают со вспышкой.

Алюминий Al

M = 26,97

Алюминий — металл белого цвета, напоминающий цвет олова. Удельный вес — 2,7. Температура плавления — 658°C, кипения — выше 1800°C.

Горит в чистом кислороде в виде тонкого листа, на воздухе — мелкого порошка при попадании в пламя газовой горелки. По опытам Менца, в пылеобразной форме он выделяет при комнатной температуре водород из воды; более значительное выделение наблюдается при 100°C.

Обычные примеси в алюминии — кремний и железо, в незначительном количестве: медь, свинец, марганец, цинк. Иногда в алюминиевом порошке в больших количествах присутствуют масла и жиры, легко удаляемые бензином или эфиром.

Алюминий по теплотворной способности находится рядом с магнием и потому аналогично ему действует на окислы металлов и окислители. Двойные смеси его с окислами металлов и окислителями в порошке также сгорают со вспышкой. Запрессованные смеси алюминия горят медленнее, чем такие же смеси магния.

В пиротехнике алюминий используется в виде порошка, измельченного до различной степени. При сгорании дает яркий

белый свет, подобный магнию. Применяется в осветительных, зажигательных и трассирующих пиротехнических средствах во время проведения учений и ведения боевых действий.

Железо Fe

$M = 55,84$

Порошок железа имеет темный цвет. Удельный вес — 7,85. Температура плавления — 1520°C , кипения — 2450°C .

Железо используется в виде опилок различной величины для получения искр в динамических составах или в виде порошка, получаемого при восстановлении окиси железа водородом для зажигательных смесей.

“Стальные опилки дают белые светящиеся искры и используются в полных и неполных бриллиантовых составах. Они должны быть без примеси железных или чугуновых опилок. Чистые измельченные опилки стали создают лучшие бриллиантовые искры, красотой во многом превосходящие опилки лионских огней.

Все сорта металлических опилок необходимо предохранять от ржавчины. Для этого их ссыпают в бутылки и, плотно закупорив, засмаливают для предотвращения доступа воздуха. При таком способе стальные и железные опилки долго и надежно сохраняются”.

Цинк Zn

$M = 65,38$

Цинк — металл белого цвета с голубоватым оттенком, в виде порошка — темно-серого цвета. Удельный вес — 7,12. Температура плавления — 419°C , кипения — 929°C .

Цинк, нагретый до 200°C , становится хрупким. Пары цинка на воздухе сгорают ярким голубовато-белым пламенем. При накаливании стружки цинка воспламеняются и сгорают.

Во влажном воздухе или воде цинк покрывается плотным беловатым или серым налетом основной углекислой соли $2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn(OH)}_2$. Он служит защитным слоем от дальнейшего воздействия воды и углекислого газа.

Для получения искр цинк применяется в виде крупных опилок или порошка.

Сурьма Sb

$M = 121,76$

Сурьма имеет серебристый или серо-белый цвет, сильный блеск. Удельный вес — 6,6. Температура плавления — 630°C , кипения — 1440°C .

Она хрупка и легко превращается в порошок. При обычной температуре на воздухе не изменяется. При накаливании выше температуры плавления горит белым пламенем с синеватым оттенком. Смесей порошка сурьмы с нитратами и хлоратами сгорают со вспышкой.

Применяется для составов белого огня.

Антимонит (сульфид сурьмы) Sb_2S_3

$M = 339,8$

Антимонит имеет вид кристаллических кусков черно-серого цвета, как графит, с металлическим блеском. Удельный вес — 4,62. Он хрупок и легко превращается в мелкий порошок. Температура плавления — 546°C . В воде не растворим. Растворяется в щелочах и соляной кислоте.

В смеси с хлоратами образует весьма энергичные горящие двойные смеси, обладающие большой чувствительностью к удару и трению. С нитратами двойные смеси не обладают той энергией горения, которая наблюдается у хлоратных смесей. Эти смеси горят медленно, а в некоторых случаях как будто тлеют.

Применяется в составах белого огня и для ударных и терочных (фрикционных) составов, воспламеняющихся от удара или трения.

Полусернистая медь Cu_2S

$M = 159,21$

Полусернистая медь в кусках имеет темно-серый блестящий цвет, подобно антимониту. В воде не растворяется. Удельный вес — 5,6. Плавится при температуре 1135°C без разложения. В смеси с окислителями ведет себя аналогично антимониту. Применяется для составов синего огня.

Сернистая медь CuS

Сернистая медь — соединение меди с серой; при использовании в составах придает пламени фиолетовый цвет.

“Для получения сернистой меди опилки красной меди помещают в посуду, пригодную для плавки металла, так называемый тигель, прибавляют серы в количестве, наполовину меньшем, чем опилок, смешивают и сдавливают с помощью деревянной дощечки. Накрыв посуду крышкой и поставив ее в печь, обкладывают горящими углями. Медь при белокалильном жаре сплавляется с серой и приобретает вид металлического королька; от меньшего жара — шлака или изгаря. В обоих случаях полученная сернистая медь отличного качества и после толчения и просеивания сквозь мелкое сито вполне пригодна к использованию в фейерверочных изделиях”*.

Реальгар (двусернистый мышьяк, красный мышьяк) As_2S_2
 $M = 214,06$

Двусернистый мышьяк имеет вид аморфных красных или буро-красных стеклоподобных с просвечивающими краями масс. Удельный вес — 3,5. На воздухе при нагревании разлагается с образованием As_2O_3 и SO_2 . Используется для получения составов белого огня, но в связи с ядовитостью продуктов его сгорания очень опасен.

Красный сернистый мышьяк As_2S_3

“Красный сернистый мышьяк состоит из соединения серы с мышьяком и служит, как и каломель, для придания огням более яркой окраски; в измельченном виде имеет красивый оранжевый цвет.

Во время толчения мышьяка нос и рот необходимо закрывать сырым полотенцем, чтобы не отравиться ядовитой мышьячной пылью”*.

Парафин $C_{16}H_{34}$

Белое воскообразное вещество, представляющее смесь твердых насыщенных углеводородов метанового ряда C_nH_{2n+2} с содержанием в молекуле около 27 углеродных атомов.

В технике различают “мягкий” парафин, с температурой плавления — 38–48°C, и “твердый” — 52–62°C.

По внешнему виду представляет собой белую кристаллическую просвечивающую массу (крупные чешуйки), без запаха и вкуса. Удельный вес — 0,88–0,92.

Растворяется в бензине, эфире и сероуглероде. Кислоты и щелочи на него не действуют. Оценка парафина производится по его температуре плавления: чем она выше, тем продукт ценнее. В природе встречаются отдельные залежи твердых парафиновых углеводородов в виде горного воска (озокерита), известного в очищенном состоянии под названием церезина, плавающегося при более высокой температуре.

Церезин

Церезин — воскообразное вещество желтого или белого цвета, без запаха, пластичен. Удельный вес — 0,92. Температура плавления — 60–75°C.

С энергичными окислителями церезин образует хорошо горящие двойные смеси, а с менее энергичными — едва горящие.

Нафталин $C_{10}H_8$

$M = 128,06$

Нафталин представляет собой монокристаллические белые кристаллы с особым запахом. Температура застывания — 79,8°C, плавления — 80,06°C. Точка кипения — 218°C. Удельный вес — 1,145–1,510. Легко сублимируется (возгоняется) при обыкновенной температуре. В воде не растворим. В бензине, бензоле, толуоле, спирте, хлороформе, сероуглероде парафиновом масле, фенолах и уксусной кислоте растворяется легко.

Чистый нафталин, будучи сжатым между фильтровальной бумагой, не оставляет жирного пятна.

Применяется в составах черного и белого дыма.

Антрацен $C_{14}H_{10}$

$M = 178,08$

Антрацен — ароматический углеводород, находится в каменноугольной смоле. При повторных очистках получается очищенный антрацен — рыхлая снегообразная масса желтовато-белого цвета с содержанием антрацена до 90%. Совершенно чистый продукт образует бесцветные кристаллы с температурой плавления — 217°C и кипения — 351°C. В воде не растворим. В спирте и эфире растворяется плохо.

Применяется как заменитель нафталина в дымовых составах.

Молочный сахар (лактоза) $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$
 $M = 360,26$

По внешнему виду молочный сахар представляет собой чисто белый порошок, растворяющийся на холоде в 6 весовых частях воды и при нагревании — в 2,5 весовых частях.

Не растворяется в спирте, эфире и хлороформе. На вкус — слабосладкий. Температура плавления — $200^\circ C$. Применяется для составов как легко горючее органическое вещество. Молочный сахар — наиболее подходящее горючее для дымовых составов, образованных на принципе возгонки органического красителя, вероятно потому, что в продуктах сгорания образуется много водяных паров, способствующих улучшению возгонки красителя.

Тростниковый сахар (сахароза) $C_{12}H_{22}O_{11}$
 $M = 342,18$

Сахароза — кристаллическое вещество белого цвета, без запаха, очень сладкое на вкус.

Плавится при $185^\circ C$ с небольшим разложением, при охлаждении застывает в виде аморфной стекловидной массы.

Хорошо растворим в воде, особенно в горячей, и легко создает густые насыщенные растворы — сиропы. Находит применение наравне с молочным сахаром для дымовых составов.

Крахмал $(C_6H_{10}O_5)_n$

Крахмал представляет собой массу белого цвета, состоящую из мелких зернышек. Удельный вес — около 1,5. Нерастворим в холодной воде, в горячей сильно разбухает, образуя густой коллоидальный раствор (крахмальный клейстер). Обычно крахмал в воздушно-сухом виде содержит 10–12% воды.

Кипячение с разбавленными кислотами полностью превращает крахмал в глюкозу. При осторожном гидролизе кислотами или при нагревании воздушно-сухого крахмала происходит неполный его гидролиз с образованием менее сложных, чем крахмал, полисахаридов, называемых декстрином.

От степени гидратации декстринов зависит цвет окрашивания их с йодом. При сильной гидратации получается окрашивание фиолетовое. При более сильной — бурое окрашивание. Наиболее сильная гидратация не дает с йодом никакого окрашивания.

Декстрины — это смеси различных полисахаридов. Для составов применяются крахмал и декстрины, образующие с окислителями смеси, подобные смесям с сахаром.

Шеллак (Шерлак) $C_{16}H_{24}O_5$

Шеллаком называется смолообразная масса, получаемая из гуммилака, который представляет собой смолу, образующуюся из сока растений различных видов фикуса и гуммилакового дерева.

Вследствие уколов молодых ветвей насекомыми вытекает смолистый сок и, стекая на толстые ветви, застывает слоями толщиной до нескольких сантиметров. Сюда же насекомые откладывают яйца. Засохший сок с выделениями насекомых (красящие и воскообразные вещества), подвергнутый измельчению и промыванию для извлечения красящего вещества, называется гуммилаком в зернах. Для получения шеллака зерна гуммилака измельчают в порошок и нагреванием с водным щелоком освобождают от красящего вещества, а затем сплавляют. Смолу в расплавленном состоянии наносят тонким слоем на металлическую поверхность; этим достигается образование тонких пластинок, которые измельчают в тонкие пластинки-чешуйки. По внешнему виду шеллак представляет собой хрупкие, с острыми гранями тонкие просвечивающиеся пластинки, от оранжево-желтого до буроватого цвета.

Шеллак состоит из шеллаковой смолы и шеллакового воска. Удельный вес — 1,009–1,036. Температура плавления — 115 – $120^\circ C$. В воде не растворяется. Растворимость в спирте достигает 95%, эфире — 18%, хлороформе — 15%, бензине — 20%.

В пиротехнических составах шеллак является одним из лучших разлагающих веществ. По возможности нужно выбирать для пиротехнических изделий только желтые куски шеллака, так как в бурых попадается земля и всякого рода сор. Так как шеллак применяется в основном в пламенных огнях, типа бенгальского, то обычно используют его мельчайший порошок.

Шеллак трудно измельчается растиранием в ступке. Есть несколько способов получения из него порошка.

Первый. Для облегчения измельчения шеллака рекомендуется применять его в виде сплавов с селитрами при осторожном нагревании не выше $130^\circ C$. Хорошо перемешанная селитра с расплавленным шеллаком после охлаждения легко измель-

чается в тонкий порошок, который, после выщелачивания из него горячей водой селитры, дает мелкий порошок шеллака.

Второй. “Чтобы легко истолочь шеллак в ступе, его предварительно растапливают особым образом. Большой чугунок наполняют до половины шеллаком и затем делают ему “песчаную ванну”, т. е. сгавят чугунок с шеллаком в другой чугунок больших размеров, в который слоем 3 см насыпают мелкого песка. Наполняют пустое пространство между чугунами также песком до краев первого чугуна, и потом ставят весь этот прибор на сильный огонь. Нагреваемый песок постепенно весь расплавляется, но не сжигает шеллак, тогда его снимают с огня и размешивают смесь до полного охлаждения; после чего шеллак без затруднения может быть истолчен”*.

Двойные смеси его с нитратами горят медленно, почти без дыма, с пламенем, окрашенным в красный цвет стронцием, бледно-зеленый — барием. С хлоратами образует более энергично горящие смеси, тоже с окраской пламени, считающейся стандартной по своей чистоте и яркости. Шеллак является одним из лучших органических цементаторов и горючих для образования пламенных цветных составов.

Канифоль $C_{20}H_{30}O_2$

Канифоль — продукт перегонки живицы — смолы, добываемой путем подсечки (искусственного ранения) коры хвойных деревьев. Во время перегонки живицы с паром отгоняется скипидар, а твердый остаток после очистки представляет собой канифоль. Куски канифоли имеют цвет от светло-желтого до светло-коричневого. Масса хрупкая, полупрозрачная, стекловидная, со своеобразным запахом. Удельный вес — 1,07–1,08.

При нагревании канифоль начинает размягчаться при температуре около 70°C и плавиться при $107\text{--}135^{\circ}\text{C}$. Растворяется в спирте, эфирных маслах и жирах. В воде не растворяется. На воздухе изменяется вследствие окисления.

С окислителями образует смеси, медленно горящие или не горящие, в зависимости от энергии взятого окислителя.

Идитол $C_{48}H_{37}O_7$

Идитол — искусственная смола, получаемая конденсацией фенола с формалином в присутствии катализатора. Относится к группе плавких смол, которые при нагревании размягчаются

и плавятся, а после охлаждения вновь затвердевают. Идитол по внешнему виду напоминает канифоль. Куски идигола прозрачны, стекловидны, хрупки и легко измельчаются в мелкий порошок. Цвет — от светло-желтого до темно-желтого оттенка. Температура плавления — $80\text{--}110^{\circ}\text{C}$. Начало размягчения хороших сортов смолы при нагревании — около 90°C . Содержание фенола, отгоняемого паром, доходит до 4 %. Не растворяется в воде. Хорошо растворяется в спирте и ацетоне.

В составах с успехом заменяет шеллак. Составы с ним горят энергичнее шеллачных составов.

Олифа $C_{16}H_{26}O_2$

Олифами называются окисленные высыхающие масла, полученные продолжительной варкой жидких растительных масел, преимущественно с сиккативами или сунками, способные в тонком слое быстро затвердевать в твердый, упругий, блестящий, непроницаемый для воды и воздуха покров или пленку.

Олифы готовят из масел: льняного, конопляного, макового, орехового, подсолнечного, но главным образом льняного. Варка и прибавка сушек имеет целью повысить способность высыхания масла главным образом из-за окисления его кислородом воздуха и полимеризации, причем сиккативы действуют как катализаторы, способствуя поглощению маслом кислорода из воздуха.

В тонком слое олифа имеет темно-желтый или желто-коричневый цвет. Удельный вес — 0,935–0,948. Оценкой ее служит время высыхания, которое для хороших составов составляет 8–15 часов и не превышает 24 часа.

Образующаяся пленка должна быть твердой, блестящей, эластичной и не липкой. В пиротехнических составах олифа используется как хорошее склеивающее вещество, но сравнительно долгое высыхание является ее недостатком. Состав, склеенный олифой, после высыхания представляет собой прочную монолитную массу, трудно раздавливаемую и неспособную крошиться.

Фарфор

“Осколки хорошего белого фарфора очень мелко толкутся в ступе и просеиваются сквозь мельчайшее шелковое сито. Только такой нежный порошок, а не крупные осколки, как некото-

рые это нередко делали, мог использоваться в пиротехнических изделиях. Мелкоистолченный фарфор от сильного жара расплавляется в гильзах, а затем, в виде горящих капель, выбрасывается в воздух. Крупные частицы не расплавляются и выбрасываются лишь в раскаленном виде, что производит гораздо меньший эффект**.

Для приготовления пиротехнических составов использовали еще и такие вещества: аравийская камедь, смола мастика, французское терпентинное масло, безводный спирт, изрезанный цинк, хлопчатая бумага, клей, клейстер, черная краска и др.

2.3. Образование пиротехнических составов

Существующие принципы образования составов основаны на реакциях горения. Умело и обоснованно сочетая окислитель с горючими веществами, образуем первичную смесь, состоящую из двух компонентов.

Определенный вид горения создается в зависимости от природы взятых веществ при взаимодействии их между собой.

Горение может быть медленным, быстрым и очень быстрым. Оно может создавать объемистое пламя, высокий термический эффект, дым или давление газообразных продуктов. Эта первичная двойная смесь является основой всякого состава и называется *основной смесью*. Она может быть названа *составом*, если создает пужный эффект, но в большинстве случаев составы получают в результате соединения нескольких первичных двойных смесей в одну общую смесь.

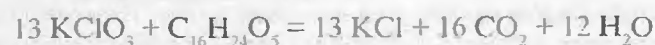
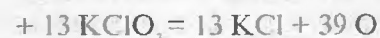
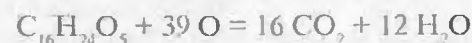
2.3.1. Основные смеси

Основную смесь образуют перемешиванием двух веществ. Эта смесь называется *двойной основной смесью*.

Помимо сочетания двух веществ для образования смеси, можно получить основную смесь и из трех компонентов, состоящую из одного окислителя и двух горючих веществ. Такие смеси называются *тройными основными смесями*.

Из сочетания трех веществ можно получить смесь наиболее быстро горящую. Количественное соотношение веществ смеси определяется реакцией горения смеси.

Если смесь рассчитывается на полное сгорание углерода горючего вещества, то в продуктах горения будет находиться не CO , а CO_2 . Например, необходимо определить количественное соотношение веществ основной смеси хлорат калия — шеллак, т. е. определить рецептуру этой смеси:



Реакция горения смеси указывает, что соотношение компонентов выражается 13 грамм/молекулами окислителя и 1 грамм/молекулой горючего, а отсюда рецепт смеси:

бертолетова соль	13 122,6 = 1593,8 г
шеллак	1 296,2 = 296,2 г
Всего смеси	1890,0 г

или в процентах:

бертолетова соль	$\frac{1593,8}{1890,0} \cdot 100 = 84,3$
шеллак	$\frac{296,2}{1890,0} \cdot 100 = 15,7$

Для быстрого определения рецепта основной смеси в приложении приведены таблицы 1 и 2, содержащие данные на основные компоненты.

Так, для указанной смеси рецептуру по таблицам находят следующим образом. В табл. 1 "Окислители" напротив хлората калия в графе 3 — 2,55, а в табл. 2 "Горючие вещества" в графе 4 напротив шеллака — 0,47. Эти цифры указывают количество вещества, которое должно входить в смесь. Следовательно, рецептура данного состава:

бертолетова соль	— 2,55 г;
шеллак	— 0,47 г.
Всего смеси	— 3,02 г;

или в процентах:

$$\begin{array}{l} \text{бертолетова соль} \quad \frac{2,55}{3,02} \cdot 100 = 84,4; \\ \text{шеллак} \quad \frac{0,47}{3,02} \cdot 100 = 15,6. \end{array}$$

Обычно рецепт смеси выражается в целых числах, поэтому для нашего примера он будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{array}{ll} \text{бертолетова соль} & - \quad 84\%; \\ \text{шеллак} & - \quad 16\%. \end{array}$$

Тройные смеси можно рассматривать как производные от смешения двух двойных, имеющих один и тот же окислитель, но разные горючие.

Все основные смеси по характеру их горения можно разделить на три группы: быстро горящие, медленно горящие, совсем не горящие при обычных условиях.

Смеси первой группы при горении образуют много сильно нагретых газов, упругость которых часто используют для приведения в движение разнообразных объектов. Ко второй группе относятся смеси, медленное горение которых создает большое пламя.

Третья группа включает смеси, неспособные загораться при обычных условиях, но горящие в соединении со смесями первых двух групп. Служат они для замедления горения и потому носят название *замедляющих смесей*. В то же время каждая смесь из этих групп может давать окрашенное в один из цветов спектра пламя, и тогда они называются еще *окрашивающей смесью*.

Как отмечалось выше, знание свойств смеси позволяет быстро ориентироваться в вопросе получения нужного пиротехнического эффекта при образовании состава. Поэтому для начального ориентирования в приложении приводится таблица 3 "Список основных смесей" с указанием скорости сгорания и цвета пламени.

2.3.2. Составы

Любой пиротехнический состав образуется из основных смесей. Смешивая их, получают сложную смесь — *состав*. В зависимости от назначения состава выбирают основные смеси с соответствующими свойствами.

В пиротехнических средствах используются следующие виды составов:

- осветительные;
- фотоосветительные (фотосмеси);
- трассирующие;
- инфракрасного излучения;
- зажигательные;
- ночных сигнальных огней;
- цветных сигнальных дымов;
- маскирующих дымов;
- активных дымов;
- твердое пиротехническое топливо;
- безгазовые (для замедлителей);
- газогенерирующие;
- воспламенительные (они содержатся в небольших количествах во всех средствах);
- имитационные;
- свистящие;
- фейерверочные и др.

Классифицировать составы можно по разным признакам, но целесообразнее всего — по эффекту их действия, а поэтому все составы можно разделить на 3 группы:

1. Динамические.
2. Пламенные.
3. Дымовые.

В свою очередь каждая указанная группа в соответствии с целью своего назначения подразделяется на ряд более мелких подгрупп.

Первая группа состоит из следующих подгрупп:

- форсовые;
- ракетные;
- фонтанные.

Эти составы находят свое применение только в мирной пиротехнике, в основном для изготовления пиротехнических изделий бытового и частично технического назначения.

Вторая является наиболее многочисленной, в нее входят подгруппы:

- осветительные;
- сигнальные;

- зажигательные;
- трассирующие;
- другие составы.

Третья группа включает составы, образующие дымы различных цветов.

По характеру проявления процессов, сопровождающих горение, в учебном пособии "Основы криминалистического исследования пиротехнических средств промышленного изготовления" (В. В. Мартынов, А. Д. Стецкевич и др. (Москва, 1996)) определяют четыре группы составов.

1. Пламенные — бело-пламенные, цветно-пламенные, составы инфракрасного излучения.
2. Тепловые — термитно-зажигательные, безгазовые (малогазовые).
3. Дымовые — белого и черного, а также цветного дыма.
4. Вещества и смеси, сгорающие за счет кислорода воздуха, к которым относятся: металлы и сплавы металлов; фосфор и его растворы и расплавы; смеси нефтепродуктов и др. Также существуют различные вещества и смеси, загорающиеся при соприкосновении с водой или воздухом.

2.3.2.1. Динамические составы

Эти составы должны отвечать следующим основным требованиям: быстро гореть, и в процессе горения образовывать достаточное количество газообразных продуктов для создания необходимого давления. Горение состава должно сопровождаться наименьшим образованием твердого состава (шлака). Он должен быть рыхлым. Если же остаток будет получаться плотным и вязким, то при сжигании состава в трубках он будет с трудом выбрасываться, частично оставаясь в них, задерживая выход газов, что повлечет разрыв трубки от чрезмерного давления.

Перечисленным условиям вполне отвечают тройные основные смеси и немногие из двойных смесей. В чистом виде они являются слишком сильными для многих видов составов вследствие быстрого газообразования при горении в трубках. Последние не выдерживают давления и рвутся. Ослабление составов достигается уменьшением скорости их горения, что заметно

снижает газообразование в единицу времени и уменьшает давление. Газы успевают выйти из трубки, не разрывая ее.

Понижение скорости горения достигается следующими мерами:

- введением в смесь горючего вещества, содержащего углерод, сгорающий за счет кислорода тройной смеси;
- введением в смесь индифферентного вещества;
- введением в смесь другой основной смеси, не горящей при обычных условиях на воздухе самостоятельно;
- увеличением плотности смеси.

Для получения состава необходимой силы берут подходящую тройную смесь и ослабляют ее одним из указанных выше способов. В зависимости от степени разбавления получается целый ряд составов, отличающихся друг от друга быстротой горения.

Одной из сильных тройных основных смесей является обыкновенная пороховая смесь из селитры, серы и угля. Ее обычно и используют для получения динамического состава. Он применяется в таких пиротехнических изделиях, как форсы, ракеты, фонтаны, саксонское солнце и т. п. Эти пиротехнические изделия могут сами двигаться или сообщать движение целой системе комбинаций из одиночных фигур.

По производимому ими эффекту они носят соответствующие названия.

Форсовые составы являются наиболее сильными из них, так как они предназначены для приведения в движение целой системы одиночных фигур. Форсовый состав, приготовленный из заводской пороховой мякоти и довольно тонко измельченного угля, является слишком мощным для изделий; во время горения он в большинстве случаев разрывает бумажные гильзы. Для получения состава, вполне надежного в действии, используют другой способ приготовления. Его готовят не из заводской пороховой мякоти, а из отдельных компонентов по рецепту (в весовых частях):

селитра	— 75;
сера	— 12;
уголь древесный	— 26.

Степенью измельчения и смешения их достигается различная сила состава.

Искристость струи достигается добавлением в состав крупных частичек таких веществ, которые могли бы при горении состава сильно накаливаться и, выброшенные газами из изделия, полностью или частично сгорать в воздухе, производя эффект летящих ярких световых точек. Такими веществами являются крупные частички угля твердой породы дерева и крупные опилки железа, чугуна, стали, меди, цинка, алюминия и некоторых сплавов.

2.3.2.2. Пламенные составы

Пламенными составами называются медленно горящие составы, образующие во время горения пламя без искр. Пламя может быть окрашено в любой цвет спектра, а потому составы, дающие такое пламя, называются *составами цветных огней*. В зависимости от яркости и цвета пламени составы находят различное применение.

Яркое, блестящее, белое пламя служит для освещения, изделия с этим составом называются *осветительными средствами*. Изделия же с составами, горящими цветным пламенем, служат для сигнальных целей и называются *сигнальными средствами*.

Яркость пламени зависит от природы содержащихся в нем веществ, их температуры и плотности. Главным фактором яркости пламени являются твердые несплавные частички веществ, находящиеся в нем. Чем выше температура пламени, тем более благоприятные условия создаются для его яркости.

Для получения цветных огней высокого качества применяют бертолетову соль $KClO_3$ или перхлорат калия $KClO_4$.

В основе образования пламенных составов лежат двойные основные смеси, горение которых в комбинации друг с другом и создает необходимый пламенный эффект.

Осветительные составы

Для получения яркого белого пламени используют двойные смеси, горение которых сопровождается большим выделением тепла, создающим высокую температуру пламени, в котором сильно накаливаются твердые частички тугоплавких веществ.

Подходящий состав выбирается следующим образом: берется постоянное количество основной смеси и к ней прибавляется другая смесь, имеющая необходимые для требуемого пи-

ротехнического эффекта свойства, в количестве меньшем основной смеси, или равном ей. Затем количество это постепенно увеличивают до тех пор, пока получившийся состав не начнет давать худшие результаты.

Для примера рассмотрим образование состава белого огня. Основной смеси селитра + сера берем 100 весовых частей. Добавляем 25 весовых частей тройной пороховой смеси. Затем прибавку второй смеси увеличиваем постепенно на 25 весовых частей и таким образом получаем ряд составов постепенно меняющейся рецептуры. Ход вычисления приведен в таблице.

№ п/п	Основные смеси	Кол-во вес. частей	Состав основных смесей			Состав полученной смеси			Рецепт с округлением до целых чисел, %		
			селитра	сера	уголь	селитра	сера	уголь	селитра	сера	уголь
1	Селитра - сера	100	76	24	—	94,75	27,00	3,25	76	21	3
	Пороховая мякоть	25	$75\frac{1}{4}$	$12\frac{1}{4}$	$13\frac{1}{4}$						
2	Селитра - сера	100	76	24	—	113,50	30,00	6,50	76	20	4
	Пороховая мякоть	50	$75\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$						
3	Селитра - сера	100	76	24	—	132,50	33,00	9,50	76	19	5
	Пороховая мякоть	75	$75\frac{3}{4}$	$12\frac{3}{4}$	$13\frac{3}{4}$						
4	Селитра - сера	100	76	24	—	151,00	36,00	13,00	76	18	6
	Пороховая мякоть	100	75	12	13						
5	Селитра - сера	100	76	24	—	169,25	39,00	16,25	76	17	7
	Пороховая мякоть	125	$75\frac{1}{4}$	$12\frac{1}{4}$	$13\frac{1}{4}$						

Выбрав наиболее удовлетворительный рецепт, для улучшения яркости пламени начнем таким же образом прибавлять двойную смесь селитра + антимонит и, постоянно опробуя получаемый состав, останавливаемся на лучшем из них (см. таблицу).

№ п/п	Основные смеси	Кол-во вес. частей	Состав основной смеси				Состав полученной смеси				Рецепт с округлением до целых чисел, %			
			KNO_3	S	C	Sb_2S_3	KNO_3	S	C	Sb_2S_3	KNO_3	S	C	Sb_2S_3
1	Состав белого огня	100	76	20	4	—	89	20	4	12	71	16	3	10
	Селитра + антимонит	25	$52\frac{1}{4}$	—	—	$48\frac{1}{4}$								
2	Состав белого огня	100	76	20	4	—	102	20	4	24	68	13	3	16
	Селитра + антимонит	50	$52\frac{1}{2}$	—	—	$48\frac{1}{2}$								
3	Состав белого огня	100	76	20	4	—	128	20	4	48	64	10	2	24
	Селитра + антимонит	100	52	—	—	48								

Таким образом, выбрав в различных соотношениях основные смеси, получим состав, обладающий необходимыми световыми свойствами. Лучшие световые эффекты получают при горении магния, алюминия и некоторых редких металлов: цезия, тория. Для получения осветительных составов наибольшей яркости пламени в них используют алюминий и магний как металлы, широко применяемые в технике.

Двойные смеси окислителя с порошками этих металлов в не запрессованном состоянии сгорают очень быстро. Сжигаемые в небольших количествах (1–5 г) кучкой, они дают вспышку, которая может длиться, от 0,1 до 0,03 сек. В количествах, превышающих 10 г, способны сгорать уже с взрывом, переходящим в детонацию, если сжигание производится в оболочках. Наоборот, в спрессованном состоянии в виде звездок эти составы горят уже гораздо медленнее.

Пользуясь различной степенью уплотнения, получают различные составы с большим разнообразием по времени горения и силе света. Разбавляя выбранную смесь с магнием или алюминием другой основной смесью, горящей медленно, можем получить ряд составов по убывающей степени яркости и увеличивающемуся времени горения.

Осветительные составы в изделиях находятся обычно в виде звездок — цилиндров спрессованного состава.

Для прочности звездки применяются склеивающие вещества: шеллак, идитол, канифоль, аравийская камедь и др. Их используют в виде растворов, которыми смачивается состав перед прессованием, или же в виде составной части как горючее; тогда состав перед прессовкой смачивается соответствующим растворителем, и клеящий раствор образуется в самом составе. Последующее высунывание звездок должно проводиться осторожно и не быстро.

Сигнальные составы

Сигнальные составы должны образовывать цветное пламя, хорошо окрашенное в необходимый цвет, с достаточной яркостью, чтобы быть заметным на больших расстояниях. Это достигается применением солей металлов, обладающих способностью окрашивать пламя в определенный цвет.

К таким красителям относятся металлы:

- натрий — окрашивает пламя в желтый цвет;

- барий и таллий — в зеленый;
- стронций и литий — в красный;
- кальций — в розовый;
- индий и медь — в синий цвет.

Выбор смеси, служащей основой состава, находится в зависимости от задачи получения необходимого цвета пламени.

Решение этого вопроса может быть достигнуто введением соответствующего красителя в виде составной части выбранной основной смеси. Металл-краситель вводится в виде соли. Вследствие этого основная смесь одновременно становится и смесью окрашивающей, не перегруженной сопутствующими веществами, что создает наилучшие условия для образования цветного пламени. Следовательно, лучшим составом цветного пламени является одна основная — окрашивающая смесь.

На отдельных примерах рассмотрим случаи образования состава с цветной окраской пламени.

Зеленый огонь

Из металлов, создающих зеленую окраску пламени, известны барий, таллий и медь, но пользуются исключительно только барием, соли которого вырабатываются химической промышленностью в достаточных количествах.

Если окислителем для основной смеси служит хлорат или перхлорат бария с любым горючим, из которых на первом месте шеллак, идитол и сера, то получаем состав зеленого огня — один из самых лучших по окраске пламени. Он состоит из двух компонентов и не содержит в себе сопутствующих веществ.

Таким образом, чтобы образовать нужный состав, необходимо выбрать соответствующую основу его и примешать к ней окрашивающую смесь в количестве, необходимом для получения результата, удовлетворяющего поставленным требованиям.

Если взять основную смесь нитрата бария с идитолом или шеллаком, получается состав, горящий в непрессованном виде (россыпью) пламенем бледно-зеленого цвета, почти без дыма, с большим твердым остатком. Яркости цвета и некоторого усиления окраски пламени достигают прибавлением небольших количеств магния или алюминия.

Совсем другая степень окраски пламени получается, если в эту смесь вводить окрашивающую смесь, состоящую из окиси меди с каким-либо полигалоидным органическим соединени-

ем. Медь в присутствии галоида имеет свойство окрашивать бесцветное пламя в синий и зеленый цвета.

При горении полученного таким способом состава в газообразных продуктах выделяется свободный хлор, служащий для образования медных галоидных соединений в парах, излучающих зеленые и синие лучи, а так же для усиления излучения зеленых лучей бариевыми соединениями.

Красный огонь

Принципы получения рецептур красного огня те же, что и для зеленого. Для образования пламени красного цвета вместо металла бария берут стронций. Соли лития не находят применения из-за своей неэкономичности.

При отсутствии хлората и перхлората стронция состав красного огня получают соединением двух основных смесей: нитрата стронция с горючим и хлората калия с горючим.

При отсутствии нитрата стронция окраска пламени может быть создана и другими его солями, не являющимися окислителями. Но она значительно отличается от окраски, получаемой при использовании нитрата. Пламя приобретает тона, переходящие в розовый цвет, исчезают его яркость и чистота. Такими веществами являются оксалат и карбонат стронция. Их можно постепенно вводить в основу состава — хлоратную смесь до получения удовлетворительного результата. Такие составы применяют в виде тройной смеси — хлорат калия + сера + оксалат или карбонат стронция, где сера может быть заменена другим горючим.

Карбонат стронция может быть заменен карбонатом кальция, дающим чисто розовую окраску пламени, например состав (в процентах):

бертолетова соль	— 60;
сера	— 20;
мрамор или мел	— 20.

Состав с мрамором горит хорошим розовым огнем; от меда окраска получается менее красивой по чистоте цвета.

Желтый огонь

Пламя окрашивается в желтый цвет солями натрия, которые можно использовать в составах в виде нитрата, карбоната, оксалата и криолита. От применения нитрата в составах во мно-

гих случаях приходится отказываться из-за его гигроскопичности, во избежание опасности порчи состава от отсырения.

Окрашивание пламени можно производить введением в хлоратную основную смесь соли натрия в минимальном количестве, при котором создается необходимая окраска.

Хорошая окраска пламени золотисто-желтого цвета получается при горении составов, образованных окрашивающей смесью с шеллаком и щавелевонатриевой солью. Эти составы горят быстро, с разбрасыванием шлака, отчего состав всегда горит с поверхности, а не из глубины массы, сохраняя, поэтому объем пламени и его окраску.

Синий огонь

Пламя синего цвета получается при использовании солей меди, из которых преимущественно применяют карбонат, так как другие соли опасны для хлоратных составов по кислой реакции, которая им присуща, или же обладают малой способностью окрашивания.

Кроме обычной двойной хлоратной смеси — основы для составов цветных огней, в этом случае очень подходит тройная смесь, составленная по следующему рецепту (в процентах):

бертолетова соль	— 66;
сера	— 13;
полусернистая медь	— 21.

Эта смесь сгорает быстро, создавая голубоватое пламя, легко переходящее в синий цвет.

Огни других цветов

Через смешение основных цветов спектра получают цвета промежуточных красок. Чтобы образовать состав, горящий пламенем оранжевого цвета, необходимо смешать составы огней красного и желтого цветов в количестве, зависящем от желаемого оттенка. Чтобы получить фиолетовый огонь, необходимо смешать состав синего с составом красного огня. Преобладание красного оттенка дает лиловые огни.

2.3.2.3. Дымовые составы

Пиротехнический состав, образующий при горении обильные облака цветного дыма, называется *дымовым составом*. При горении всякого пиротехнического состава образуется дым, но

в большинстве случаев он бывает необильным. Для создания плотного облака дыма, имеющего большую кроющую способность, нужны особые составы, создающие во время реакции большое количество твердых частичек, образующих непроницаемый покров.

Дымовые составы могут быть получены в результате:

- распыления твердых минеральных красок;
- химической реакции;
- возгонки органических красителей.

Распыление минеральных красок

Сущность этого метода заключается в разбрасывании цветной минеральной краски газами. Получение хорошего дымового облака затруднено сложностью достижения раздробленности твердого вещества до величины частичек дыма. Твердое вещество не всегда удается превратить в столь мелкий порошок, каждая частичка которого могла приближаться к величине, характеризующей дымовые частицы.

Получаемая величина этих частиц во много раз превосходит величину частичек истинного дыма, поэтому при распылении их масса не может долго держаться в воздухе и быстро опускается вниз, кроме этого, она не может создать плотности, присущей настоящим дымам.

В современных условиях довольно хорошие результаты удается получать, используя большие количества измельченной краски. Многократными испытаниями установлено, что из всех красок наиболее подходящими оказались лишь синий ультрамарин, свинцовый сурик и кизарь. Они при тонком измельчении всегда давали хорошие облака цветного дыма, вполне различимые на расстоянии до 2 км и держащиеся в воздухе до 40 секунд.

Химическая реакция

Химических реакций, сопровождающихся образованием обильного густого дыма, не так много. К ним относятся:

- реакции неполного сгорания углеродистых веществ, при которых не вступивший в реакцию окисления избыточный углерод разлагающегося вещества выделяется в виде сажи, образующей черный или серый дым;
- реакции газообразных веществ, при взаимодействии кото-

рых образуются твердые вещества. Например, аммиак и хлористый водород, ацетилен и хлор, йодистый водород и хлор;

- реакции, при которых выделяются окрашенные продукты в парообразном состоянии или в виде твердых мельчайших частичек, рассеиваемых газами, образующимися одновременно;
- реакции с йодистыми препаратами, освобождающие свободный йод, который теплотой реакции обращается в пар фиолетового цвета;
- реакции окисления металлов, образующих цветные окислы с последующим распылением их в воздухе;
- реакции магния, алюминия и других металлов с окислителями, которые создают окрашенные продукты. Например: смесь перманганата калия (6 весовых частей) и порошка магния (1 весовая часть) образует вспышку с зеленым дымом, или смесь кадмия, серы и окислителя создает при горении окрашенный дым и т. д.

Определение рецептуры этих смесей основывается на реакции получения цветных дымов.

Возгонка органических красителей

Образование цветного дыма может быть осуществлено переводом окрашенных веществ в летучее состояние и рассеиванием их в окружающее пространство. Метод механического распыления красок при помощи взрыва не даст желаемых результатов, поэтому перевод вещества в парообразное состояние и рассеивание его в окружающую атмосферу создают необходимые условия для образования истинного дыма.

Пар вещества при быстром охлаждении в воздухе, изменяя агрегатное состояние от парообразного до твердого, создает чрезвычайно мелкую раздробленную массу, из которой и образуется то, что называется дымом.

Исходя из общих положений получения цветного дыма из органических красителей, необходимо отметить, что образование состава требует соблюдения следующих условий:

1. Краситель должен быть химически прочным при горении состава; выдерживать нагревание без разложения при температурах процесса реакции; легко возгоняться или обращаться в пар.

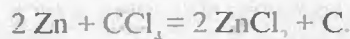
2. В случае перехода красителя в жидкое состояние до превращения в пар он должен иметь близко расположенные точки плавления и парообразования, чтобы не происходило скопление большого количества жидкости, замедляющей, а иногда и совсем прекращающей горение состава, так как она разъединяет частички основной горящей смеси, обволакивая их изолирующей оболочкой.
3. Основная смесь, теплотой горения которой пользуются для возгонки красителя, должна иметь, как показали опыты, в продуктах горения большое количество водяного пара и сравнительно низкую температуру горения.
4. Сжигание дымового состава должно производиться без доступа кислорода воздуха, так как иначе краситель будет разрушаться (сгорать), а не претерпевать изменения своего агрегатного состояния.

Соблюдение этих основных условий способствует получению дыма.

Наиболее благоприятные условия получения дыма из органических красителей создает во всех дымовых составах хлоратно-сахарная основная смесь.

Белый дым

Состав для образования дыма белого цвета широко применялся во время проведения боевых действий. Белый дым в качестве сигнального средства применения не нашел, и все вопросы, связанные с ним, относятся к области маскировочных дымов. Он давал великолепный маскирующий дым. Для его получения была использована реакция между цинком и четыреххлористым углеродом CCl_4 или вместо него — гексахлорэтаном C_2Cl_6 :



Существуют несколько вариантов рецептов смеси образующей облако белого дыма.

В первом варианте рецепт состоял (в процентах):

четырёххлористый углерод	— 50;
цинковая пыль	— 25;
окись цинка	— 20;
кизельгур	— 5.

Во втором варианте (в весовых частях):

цинковая пыль	— 32,0;
четырёххлористый углерод	— 41,1;
хлорат натрия	— 16,3;
хлористый аммоний	— 8,7;
кизельгур	— 1,7.

В Америке этот состав был переработан и состоит (в процентах):

гексахлорэтан	— 48;
бертолетова соль	— 47;
уголь	— 5.

Недостаток дыма этого состава — токсичность.

В нашей стране широко применяется состав, называемый смесью Ершова. Ее рецепт (в процентах):

бертолетова соль	— 20;
уголь	— 10;
хлористый аммоний	— 50;
нафталин	— 20.

Недостаток этой смеси — сильная гигроскопичность.

Черный дым

Черный дым можно получить путем разложения веществ, богатых углеродом, представителями которых являются непредельные углеводороды: нафталин, антрацен и др. Теплотой горения обычной основной смеси эти вещества разлагаются, выделяя углерод в виде сажи, образующей черный дым. Но можно воспользоваться и реакцией, происходящей между цинком и четыреххлористым углеродом или гексахлорэтаном. От количества нафталина в смеси изменяются оттенки дыма — от серого до густого черного цвета.

Рецепт состава следующий (в процентах):

гексахлорэтан	— 60,5;
порошок магнезии	— 18,6;
нафталин	— 20,9.

Он малочувствителен к механическим воздействиям и создает густой черный дым. К его недостаткам относятся летучесть нафталина при горении и низкая температура плавления смеси нафталина с гексахлорэтаном. Чтобы их устранить, нафталин заменяют антраценом, замедляющим скорость горения. Основ-

ная реакция горения этой смеси происходит между магнием и гексахлорэтаном, с образованием углерода и хлористого магния. Антрацен частично сгорает, а частично служит дымообразователем.

Желтый дым

Дым этого цвета получается возгонкой подходящих желтых красителей, из которых хорошие результаты дает желтый аурамин, но дым этот имеет зеленоватый оттенок, который убирается добавкой оранжевого хризоидина, образующего оранжевый дым. Рецепт состава (в процентах):

бертоллетова соль	— 33;
молочный сахар	— 24;
желтый аурамин	— 34;
оранжевый хризоидин	— 9.

Зажигание производится спрессованными столбиками бертоллетовой смеси с углем или пороховой мякоти с декстрином. Кроме того, желтый дым можно получить в результате реакции образования сернистого мышьяка. Для этого используют следующий состав (в процентах):

сера	— 28,6;
трехокись мышьяка	— 31,0;
азотнокислый калий	— 33,8;
стеклянный порошок	— 6,6.

Красный дым

Ярко-красный дым получают применением красителя, называемого "паранитранилиновый красный", признанного наилучшим по получаемому из него красному дыму. К красителям красного дыма относятся также: родамин В, образующий дым лилового оттенка; жироранж — оранжевого оттенка.

Примерные рецепты составов красного дыма (в процентах):

I	
хлорат калия	— 20;
молочный сахар	— 20;
паранитранилиновый красный	— 60;
II	
хлорат калия	— 29;
молочный сахар	— 32;
родамин	— 39.

Зеленый дым

Зеленый цвет дыма не был получен из зеленых красителей, его удалось получить лишь из смеси синего и желтого. Причем красители, входящие в смесь, должны обладать по возможности одинаковой летучестью, т. е. переходить в летучее состояние при одной и той же температуре и улетучиваться с одинаковой скоростью, иначе цвет дыма не будет постоянным. Темно-зеленый дым можно получить при горении смеси индиго и аурамина. Ее состав (в процентах):

индиго	— 26;
аурамин	— 15;
хлорат калия	— 33;
молочный сахар	— 26.

Синий дым

Красителями синего дыма могут служить: индиго, метиленовый синий и их смесь. Лучшие составы создает синтетический индиго, образующий облако темно-синего дыма.

Примерные рецепты составов синего дыма (в процентах):

I	
индиго	— 40;
хлорат калия	— 35;
молочный сахар	— 25;
II	
индиго	— 40;
метиленовый синий	— 20;
хлорат калия	— 25;
молочный сахар	— 15.

Дымовые составы, применяемые в порошкообразном запрессованном состоянии, горят относительно медленно, что дает возможность получать дым в течение длительного промежутка времени.

При необходимости мгновенного получения большого облака дыма, составы сжигаются в гранулированном состоянии в мешочках из ткани.

Таким образом, в дымовой состав входят измельченные и тщательно перемешанные окислитель, горючее и краситель, в следующих соотношениях (%):

хлорат калия	— 20 ± 10;
молочный сахар	— 20 ± 5;
краситель	— 60 ± 10.

2.3.2.4. Фейерверочные составы

Для изготовления пиротехнических изделий, применяемых при проведении фейерверков, используют специальные пиротехнические составы. По характеру действия эти составы можно разделить на *сильные* (динамические) и на *слабые* (чисто пламенные).

Сильные составы

Сильными (динамическими) составами называются пиротехнические смеси, которые при горении выделяют так много газов, что их давление способно производить работу. Они используются в качестве движущих составов для фейерверочных фигур. Сильные составы могут быть *искристыми* или *пламенными*.

Такие составы применяют в пиротехнике для получения движущихся фигур: ракет, "жаворонок", фонтанов и других пиротехнических изделий.

Динамические составы должны обладать следующими свойствами:

- сравнительно большой скоростью горения;
- выделять много газообразных продуктов сгорания для получения давления в месте горения и производства работы;
- образовывать минимальное количество шлака (твердых остатков), причем только рыхлого и поддающегося разбрасыванию газами, чтобы он не задерживал выхода газов из пространства горения. Это требование особенно важно, если состав помещается в гильзах (чрезмерное скопление газов в гильзе вызывает ее разрыв).

Практически лучшей для динамического состава считается тройная пороховая смесь: сера, селитра и уголь. Но эта смесь настолько активна, что обычно разрывает оболочки и не может быть использована в пиротехнике. Уменьшение активности пороховой смеси замедляет процесс ее горения и газообразования и позволяет применять составы из этой смеси, в частности для фейерверков. Активность пороховой смеси можно уменьшить прибавлением различных веществ или увеличением ее плотности.

Различные добавки к смеси придают составам разную силу и разный эффект.

Добавки в пороховую смесь используют горючие и негорючие. Горючие добавки сгорают за счет кислорода в пороховой

смеси и создают продукты горения с меньшим выделением тепла при реакции. Чаще всего в виде такой добавки выступает уголь.

Негорючие вещества, прибавляемые к основной тройной смеси, понижают температуру выделяющихся газов и уменьшают их давление; они отнимают часть теплоты реакции горения состава на нагревание этих веществ. Негорючие вещества уменьшают скорость горения основной смеси.

Увеличение плотности сильных составов так же, как и пламенных составов, понижает скорость их горения. Чем плотнее спрессован состав, тем меньше остается свободного пространства между частицами и тем труднее огню охватить весь состав, который должен будет гореть постепенно, слоями и значительно медленнее.

Сильные (динамические) составы получают смешением пороховой мякоти с измельченным древесным углем. Таким образом получают *основной сильный состав*.

Для большей эффективности горения такого состав, например, искристости, к нему прибавляют крупный уголь или металлические опилки.

В нормальной теоретически подсчитанной пороховой смеси уголь составляет 13%, следовательно, для сильного состава требуется добавлять еще 13 весовых частей измельченного угля на 100 весовых частей пороховой смеси.

Полученная смесь служит основой для очень сильных составов, применяемых в изделиях, производящих механическую работу и дающих движущиеся фигуры.

Горение сильного состава может сопровождаться образованием пламени разных цветов или красивых искр. Искристые составы можно получить, прибавив к сильному составу крупные (1,5–5 мм) частицы угля, полученного из твердых пород деревьев. Такие составы дают длинную огненную ленту с розоватыми искрами.

Если необходимы составы с небольшим динамическим действием, то количество угля увеличивают.

Более яркие искры получают, если вместо крупного угля добавлять в состав металлические опилки. Железные опилки (зерна 1–2 мм) дают белые, но недостаточно яркие искры; стальные и чугунные опилки дают более яркие белые искры, а дробленый сплав из 2 частей меди и 1 части цинка — зеленоватые искры.

Приводим примерный сильный (искристый) состав с крупным углем (в весовых частях):

I		
пороховая мякоть	—	100;
уголь мелкий	—	13;
уголь крупный	—	5;
II		
пороховая мякоть	—	100;
уголь мелкий	—	13;
уголь крупный	—	2.

Иногда применяют составы без серы, например (в процентах):

азотнокислый калий	—	81;
уголь	—	19.

Составы с металлическими опилками следует подбирать такие, чтобы температура их горения была ниже температуры плавления металла опилок. Опилки должны не плавиться, а накаливаться.

Примерный сильный искристый состав с железными опилками (в весовых частях):

I		
пороховая мякоть	—	100;
уголь мелкий	—	13;
опилки железные	—	10;
II		
пороховая мякоть	—	100;
уголь мелкий	—	13;
опилки железные	—	4.

Рецепты составляются в зависимости от величины изделий, для которых предназначаются составы.

Подбирая количество крупного угля и железных опилок, можно получать двойную ленту; при этом получается розовая огненная полоса, выбрасывающая сноп ярких искр. Примерный состав с двойной лентой (в весовых частях):

пороховая мякоть	—	100.0;
уголь мелкий	—	13.0;
уголь крупный	—	2.5;
опилки железные	—	5.0.

Составы, создающие двойную ленту, называют *бриллиантовыми*.

Слабые составы

Слабыми составами называются пламенные составы, горящие сравнительно медленно и не производящие при этом работы. Они применяются для звездок, свечей и других неподвижных фейерверочных фигур. Обычно используются составы, основанные на двойной смеси хлората калия с горючим, аналогичные сигнальным пламенным составам. Приводим примерный слабый, или чисто-пламенный, состав (в процентах):

Красный огонь:

хлорат калия	—	60;
углекислый стронций	—	25;
идитол	—	15.

Желтый огонь:

хлорат калия	—	60;
криолит	—	25;
идитол	—	15.

2.3.2.5. Вспомогательные воспламенительные составы

Если для воспламенения основного пиротехнического состава нити стопина и другие подобные средства являются недостаточным импульсом, то применяют *вспламенительные составы*. Они должны легко воспламеняться сами и при горении развивать высокую температуру, достаточную для воспламенения основного состава.

Применение того или иного воспламенительного состава обуславливается свойствами, главным образом температурой воспламенения, основного состава.

В основном, воспламенительным составом служит смесь окислителя и горючего, рассчитанная по реакции горения.

Некоторые пиротехнические составы, особенно запрессованные под большим давлением, не воспламеняются даже при соприкосновении с горящими воспламенительными составами. Тогда вводят *переходные составы*. Они представляют собой комбинацию из основного и воспламенительного составов. Переходной состав загорается от воспламенительного и, сгорая, поджигает основной. Комбинации переходного состава могут быть различны. Наиболее часто используются смеси из двух составов: по 50% воспламенительного и основного. Тщательно перемешанные, они насыпаются, напрессовываются на

основной, на них насыщается воспламенительный и в таком порядке запрессовывается полностью изделие. Вот несколько рецептов воспламенительных составов (в процентах):

I	
нитрат калия	— 75;
древесный уголь	— 15;
идитол	— 10;
II	
нитрат калия	— 75;
магний (порошок №3 / №4)	— 15;
идитол	— 10;
III	
цирконий (порошок)	— 65;
окись железа	— 25;
окись кремния (SiO_2)	— 10;
IV	
титан (порошок)	— 25;
кремний	— 25;
окись железа	— 25;
свинцовый сурик	— 25;
V	
титан (порошок)	— 32,5;
окись железа	— 50,0;
цирконий (порошок)	— 17,5;
VI	
титан (порошок)	— 20;
кремний	— 10;
цирконий (порошок)	— 70.

Последние четыре рецепта содержат в себе редкие химикаты, они высокочувствительны. Эти смеси очень опасны при изготовлении, и запрессовывать их следует в растворе камфары в ацетоне.

Глава 3. СРЕДСТВА ИНИЦИИРОВАНИЯ

В конструкции пиротехнических изделий используются различные средства инициирования, воспламенения и детонирования.

По виду иницирующего элемента пиротехнические изделия могут быть *огнепроводного* (электровоспламенитель, стопин) и *терочного действия*.

Иницирующий элемент предназначен для передачи тепловой энергии от источника к пиротехнической смеси.

В качестве средств воспламенения применяются:

- простейшие огнепроводные запалы (некоторые виды пиротехнических игрушек, фейерверочных изделий);
- запальные спички (дымовые, зажигательные и фейерверочные средства);
- огнепроводные шнуры (имитационные средства, пиротехнические игрушки);
- электровоспламенители (воспламенительные средства, средства спецтехники, пироавтоматики, отдельные имитационные, осветительные и сигнальные, фейерверочные средства);
- капсули-воспламенители накольные (средства пироавтоматики, трассирующие и помехообразующие средства, зажигательные и др.);
- капсули-воспламенители терочные (основная масса реактивных осветительных и сигнальных патронов, отдельные виды средств спецтехники).

Воспламенительные элементы служат для передачи импульса огня к изделиям или их элементам с определенной скоростью. Такими элементами могут быть: чистая стопина, пороховые добавки различной скорости горения, огнепроводный шнур и другие зажигательные препараты и приспособления. Самым важным элементом в этих изделиях является паста на основе пороховой мякоти. После высыхания на изделии она должна легко загораться и передавать температуру изделию. Рассмотрим один из вариантов изготовления такой пасты.

Для этого необходимо:

пороховая мякоть	— 1000 г;
декстрин	— 30 г;
подогретая вода	— 50–100 г;
спирт	— 50–100 г.

Декстрин разводится в подогретой до 50–60°C воде, смешивается с пороховой мякотью и разбавляется спиртом до необходимой густоты или суспензии.

Воспламенителями могут служить бумага, промазанная с двух сторон пороховой пастой и просушенная, фитили различной скорости горения. Хорошие фитили получают при использовании такой технологии: растворить в 10 частях воды 1 часть нитрата калия, селитры (KNO_3). Хлопчатобумажный шнур за-

мочить в этом растворе на 6–8 часов. Вынуть из раствора и просушить, не отжимая. Более медленно гореть тот же шнур будет, если его пропитать в таком составе: нитрат свинца — 1, подогретая вода — 10 частей.

В качестве средств детонирования в конструкции пиротехнических изделий используются электродетонаторы (имитационные средства, фотовспышки) и капсулы-детонаторы (светозвуковые изделия спецтехники, фотопатроны, фотоосветительные авиабомбы, патроны схода лавин).

3.1. Вспомогательные средства

Вспомогательными средствами в пиротехнике называются те пиротехнические изделия, которые служат в основном для воспламенения составов.

К самым простым средствам воспламенения пиротехнических составов относятся:

- пороховая подмазка;
- стопин;
- бикфордов шнур;
- фитиль.

Пороховая подмазка

Для воспламенения состава пиротехнических изделий в виде звездок, палительных или фигурных свечей или других фейерверочных изделий применяется легко загорающаяся от пламени и искры пороховая мякоть.

Пороховая мякоть — измельченный, но не зерненный дымный порох. Она более чувствительна к внешним воздействиям, чем зерненный порох. Применяется в пиротехнике для приготовления некоторых составов, стопина, подмазки и т. д.

Для прикрепления ее к составу, легко зажигаемому горячей пороховой мякотью, необходимо из нее сделать подмазку. Для этого пороховая мякоть насыпается в фарфоровую посуду, в которую понемногу подливают клеевого раствора, и размешивается роговой ложечкой до консистенции жидкого теста.

Из клеевых растворов часто применяют раствор аравийской камеди (гуммиарабика), концентрацией до 10 % на воде или в 40 %-м спирте (при необходимости более быстрого высыхания подмазки). Можно использовать и другие клеевые раство-

ры: мездрового, вишневого клея, декстрина и т. п. Находят также применение лаки спиртовые, ацетоновые и на других быстро высыхающих растворителях.

Подмазка представляет собой тестообразную смесь из легковоспламеняющегося вещества или состава и какого-либо лака (или воды и т. п.). Подмазку наносят на те части изделия, которые должны воспламениться. Высыхнув, она образует слой быстро воспламеняющегося вещества.

Стопин

Для быстрой передачи огня от одной части изделия к другой применяются особые нити, ткани или тесьма, пропитанные и покрытые горючими веществами.

Стопин представляет собой несколько ниток хлопчатобумажной пряжи, соединенных в пучок и покрытых пороховой мякотью или другим быстро горящим составом. По внешнему виду он представляет собой ленточку сухого порохового теста, прочно держащегося на нитках.

Его можно изготовить следующим способом.

Первый вариант

Стопин готовится из нессученой бумажной пряжи. Каждая нитка наматывается на отдельную дощечку, вес которой заранее известен, что даст возможность определять вес намотанной нитки. На каждую дощечку нитки наматываются до желаемого веса, которым определяется одинаковая длина каждой нитки на каждой дощечке. Мотки, снятые с дощечек, помещаются в 20 %-й раствор калийной селитры, которого по весу в пять раз больше, чем ниток. Эта операция производится для того, чтобы сделать нитку стопина незатухающей и в том случае, если на ней в некоторых местах не окажется порохового теста.

По прошествии 2 часов нитки вынимают из раствора, отжимают от излишка и подвешивают для просушки до слегка влажного состояния. Затем нитки пропитывают пороховым тестом, для чего они постепенно разматываются с мотков, протягиваются через пороховое тесто и по выходе из него соединяются вместе в один общий пучок или общую нитку, которая наматывается на деревянную раму.

При этом наблюдают, чтобы на нитках пороховое тесто лежало ровным слоем, а не кусками, чтобы стопинные нитки не сллипались на раме между собой и имели вид ровной ленты.

По заполнении рамы стопинком ее вешают для просушки.

Просушка должна быть медленной. Если необходимо получить стопин, горящий быстрее, то после непродолжительного провяливания на раме его обсыпают сухой пороховой мякотью и затем окончательно высушивают. Высушенный стопин срезают с рам в виде ниток, связанных в пучки по 400–500 г и хранят в сухом помещении.

Пороховое тесто готовится по следующему рецепту. В медную или эмалированную чашку наливают воды по весу в пять раз больше веса ниток и в ней растворяют аравийскую камедь или вишневый клей в количестве, составляющем 0,25 веса ниток. Затем в раствор понемногу всыпают пороховую мякоть, взятую в количестве, превышающем вес ниток в 12 раз. Добавление мякоти производят при хорошем размешивании ее в воде, отчего к концу операции получается однородная полужидкая пороховая масса. При замене воды 40%-м спиртом тесто на нитках высыхает быстрее.

Второй вариант

Для приготовления стопина скручивают три-четыре бумажных нити, которые на несколько часов погружают в 10%-й водный раствор калийной селитры. Затем их высушивают и тщательно промазывают густой тестообразной смесью из пороховой мякоти с 5%-м водным раствором гуммиарабика. В такой обмазке нити выдерживают 4 часа, после чего их проволакивают в руках или в специальном приспособлении, наматывают рядами на деревянные рамы, обсыпают сухой просеянной пороховой мякотью и медленно сушат при температуре около 30°C. При быстрой сушке затвердевающий наружный слой обмазки не позволяет просохнуть внутренним слоям и получается *мягкий стопин*.

Пороховая обмазка на стопине должна держаться прочно.

Нить стопина длиной 1 м на воздухе должна гореть около 30 секунд, внутри слоя сухого песка — около 60. Скорость же горения стопина внутри бумажной трубки можно считать мгновенной.

Бикфордов шнур

Для передачи огня заряду через строго определенное время после поджигания применяют специальные шнуры. Наиболее распространен бикфордов шнур.

Бикфордовым шнуром называется медленно горящий огнепровод, представляющий собой слабо сирессованный столбик шнурового дымного пороха, заключенного в две оплетки из ниток джута, лына или пеньки. Через пороховой столбик проходит одна или две контрольные хлопчатобумажные нити. Шнур используется для взрывания капсюлей детонаторов, воспламенения дымного пороха и пиротехнических составов. В зависимости от применения шнур изготавливается трех видов:

- белый — для взрывных работ в сухих местностях;
- черный, асфальтированный — для подрывных работ в сырых местах;
- коричневый, гуттаперчевый — для подводных работ.

Шнуровой порох имеет следующий состав (в процентах):

селитра калийная	— 78;
сера	— 10;
уголь	— 12.

Шнур не должен иметь трещин, переломов и следов влаги. Асфальтированный и гуттаперчевый шнуры должны быть водонепроницаемые, оболочки их при температуре 28°C не должны становиться мягкими и липкими, а при температуре -15°C не должны ломаться. Отрезок шнура длиной в 600 мм должен гореть 56–66 секунд, в месте горения допускается лишь небольшое искрение в отдельных точках.

Бикфордов шнур в пиротехнике обычно применяют при изготовлении замедлителей, т. е. средств, наличие которых дает возможность составу действовать через определенное время после поджигания или выстрела.

Фитиль

Фитилем называется пучок хлопчатобумажных нитей, оплетенных снаружи такими же нитками. Он имеет вид шнура толщиной 10–12 мм, любой длины. Шнур пропитывается в растворе бихромата калия и окрашивается им в желтый цвет. Фитиль легко загорается от пламени спички и тлеет, образуя раскаленный уголек, способный прожигать лист бумаги и зажигать различные пиротехнические составы. Скорость горения фитиля

в безветренном месте — около 40–45 см в час. На ветру он горит быстрее.

Фитиль является необходимой принадлежностью при поджигании фейерверочных или каких-либо одиночных пиротехнических изделий как постоянный источник огня.

3.2. Вспомогательные материалы и полуфабрикаты

Для изготовления пиротехнических изделий требуется обычно много разнообразных вспомогательных материалов и полуфабрикатов. Рассмотрим важнейшие из них.

Дымный, или черный порох

Дымный, или черный порох представляет собой механическую смесь серы, калийной селитры и угля, обладающую свойствами метательного взрывчатого вещества.

Для изготовления дымного пороха смешивают измельченные компоненты, указанные выше, в специальных шаровых мельницах. Смесь просеивают, после чего обрабатывают на бегунах. Там она перетирается под большим давлением, смачивается водой (около 8 %) и спрессовывается до получения так называемых пороховых лепешек, которые затем прессуют на прессах в пороховые плитки. Прессование придает пороху однообразную плотность, от чего зависит равномерность его горения и другие свойства.

Плитки в особых машинах измельчают на зерна необходимой величины. После полирования (округления зерен), сушки и сортировки порох считается готовым.

Порох используется для приготовления вышибных зарядов, замедлителей и др.

Капсюли

Взрывчатые вещества и пиротехнические составы могут воспламеняться лучом огня, нагреванием, искрой, ударами, трением, передачей взрыва и т. п.

Наиболее легко взрывают *инициирующие взрывчатые вещества*, их детонация передается *бризантным взрывчатым веществам*.

Порох воспламеняют лучом огня. Обычно достаточно незначительного количества инициирующего взрывчатого вещества, чтобы воспламенить порох, пиротехнический состав или взорвать бризантное взрывчатое вещество. Количество ини-

цирующего вещества, необходимого для воспламенения взрывчатого вещества или состава, называется *инициирующим зарядом*.

Иницирующий заряд, запрессованный в специальную оболочку, называется *капсюлем*.

Для него используют взрывчатые смеси различных веществ — *ударные составы*. Капсюли, предназначенные для воспламенения состава или пороха, называются *капсюлями-воспламенителями*, предназначенные для передачи детонации — *капсюлями-детонаторами*.

Обе эти группы содержат большое количество различных типов, некоторые из них находят применение в пиротехнике.

Картон

Картон различных сортов используется для изготовления гильз, коробок, прокладок, пыжей и т. п. Толщина картона, применяемого в пиротехнике, различна и доходит до 2–3 мм.

Бумага

Бумага часто применяется для тонких гильз, частей оболочки.

Из писчей и альбомной бумаги изготавливают тонкостенные гильзы. Такая бумага должна быть хорошо проклеенной, гибкой и не иметь изъянов.

Картузная бумага толще писчей бумаги, из нее получают более прочные оболочки.

Газетная бумага, обрезки и т. п. могут быть использованы для забивания ракетных колпачков, бураков, обертывания готовых изделий и т. д.

Бумажные ткани

Бумажные ткани — бязь, холст, полотно — применяют для изготовления оболочек вышибных зарядов, оклейки некоторых изделий, для придания им прочности и т. п.

Нити

Нити используются различных сортов. Они в основном идут на изготовление стопина, для чего должны быть достаточно рыхлыми, толстыми и слабо скрученными.

Картонные гильзы небольших размеров для фейерверочных изделий можно перевязывать тонкими пеньковыми бечевками.

Дерево

Для многих пиротехнических работ требуются деревянные инструменты. Поэтому полезно знать свойства некоторых сортов дерева.

Бук, дуб, вяз — наиболее крепкие и твердые породы деревьев. Бук (плотность 0,721) упруг, тверд, но сравнительно легко образует трещины. Древесина его красно-бурого цвета (красный бук). Дуб (плотность 0,785) — наиболее твердая и тяжелая порода деревьев. Вяз (плотность 0,627) колется с трудом, хорошо полируется.

Из этих пород изготавливают молотки, набойники, формы и подставки для ручной набивки составов в различные пиротехнические изделия.

К породам деревьев средней крепости относятся береза (плотность 0,664), очень упругая, но легко распиливается на тонкие планки, и клен (плотность 0,681).

К слабым породам — сосна (плотность 0,583) и ель (плотность 0,426).

Гильзы

Наиболее применяемыми оболочками для снаряжения пиротехнических изделий, особенно фейерверочных, являются гильзы, т. е. трубки с центральным каналом.

Гильзы бывают сильные и слабые.

К первым относятся гильзы с прочными, толстыми стенками. Они служат оболочками для составов, развивающих при горении большое давление газов, сообщающее изделию движение (ракеты, форсы). Их изготавливают из картона толщиной около 1 мм, который плотно накатывают несколькими рядами.

Ко вторым относятся тонкостенные гильзы для составов, горящих ярким, блестящим пламенем. Они должны сгорать вместе с составом, не изменяя цвета его пламени. Поэтому такие гильзы изготавливают из писчей или альбомной бумаги, а иногда из колескора, пропитанного каучуком.

Размеры гильз определяются в зависимости от основного их размера — диаметра внутреннего канала — *калибра*. В пиротехнике калибр измеряется метрическими единицами, вместе с тем, в пиротехнической литературе встречаются измерения калибра в дюймах, линиях.

Глава 4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ) ЭЛЕМЕНТЫ

Внутри корпуса пиротехнического изделия и с его наружной части находятся *вспомогательные элементы*, каждый из которых несет конкретную функцию (пробки, пыжи, замедлители, стабилизаторы, обтекатели).

Пробки

Как правило, изготавливающиеся из глины, выполняют защитную и предохранительную функции.

Пыжи

Изготавливаются из плотной бумаги (картона) и служат для фиксации пиротехнических составов в определенной части корпуса.

Замедлители

Изготавливаются, как правило, из стопина. Они предназначены для увеличения временного промежутка в срабатывании составов. Если необходимо привести пиротехническое изделие в действие в воздухе или на определенном расстоянии над землей, водой, — используем изделие, позволяющее произвести взрыв (срабатывание) после выстрела. Заводы поставляют стандартные замедлители, рассчитанные на определенное время: от 0,5 до 3 сек. Там же, где не требуется большой точности, хорошо зарекомендовали себя обрезки огнестойкого шнура. Скорость горения заводских замедлителей примерно — 0,04–0,06 см/сек. В них в качестве горючих используют: металлы — цирконий, титан, марганец, железо, никель; неметаллы — кремний и бор.

Для увеличения скорости горения окислителями служат хроматы бария и свинца, перхлорат калия. Приведем некоторые рецепты замедлителей (в процентах):

I	
аморфный бор	— 5;
хромат бария	— 95;
II	
марганец	— 37;
хромат бария	— 20;
хромат свинца	— 43;

III

перхлорат калия — 56;
сурьма (металл. порошок) — 46.

Стабилизаторы

Предназначены для придания определенного направления движения изделию. Изготавливаются из бумаги (картона), жестко крепятся к корпусу.

Обтекатели

Изготавливаются из полимера, крепятся к корпусу с паружной стороны и служат для уменьшения сопротивления воздуха при движении пиротехнического изделия.

Часть II

ВИДЫ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**Глава I. КЛАССИФИКАЦИЯ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Исторический путь развития пиротехники, основанный на достижениях науки и техники, доказал возможность использования ее не только в интересах армии, но и для безопасного проведения пиротехники, праздничных салютов и фейерверков.

Пиротехнические изделия по характеру их применения, согласно классификации А. А. Фреймана ("Краткий курс пиротехники", Киев, 1940), составляют две основные группы:

- изделия военной пиротехники;
- изделия мирной пиротехники.

Военная пиротехника занимается изучением и изготовлением осветительных, зажигательных, сигнальных, трассирующих и имитационных средств.

Мирная пиротехника занимается изучением и изготовлением средств для фейерверков.

Однако жизнь вносит свои коррективы. В настоящее время известно большое количество разнообразных пиротехнических изделий, которые различаются в зависимости от области применения, непосредственного целевого назначения, своих конструктивных особенностей и свойств.

В учебном пособии "Основы криминалистического исследования пиротехнических средств промышленного изготовления" (В. В. Мартынов, А. Д. Стецкевич и др.) для решения задач криминалистического исследования в качестве основания для построения специальной классификации этих пиротехнических средств выбрано их непосредственное целевое назначение. Система построена на базе классификаций пиротехнических средств существующих в различных отраслях техники, основана на данных предприятий-разработчиков российских пиротехнических изделий и в отличие от существующих классификаций является более общей, включающей более разнообразную промышленную пиротехническую продукцию. Исключения составляют пиротехнические средства кустарного производства, применяемые во время киносъемок.

В зависимости от области применения авторы предложили следующим образом различать пиротехнические изделия:

- пиротехнические изделия, применяемые в военном деле (военного назначения), являющиеся предметами вооружения (боеприпасами);
- пиротехнические изделия, применяемые в народном хозяйстве (гражданского назначения);
- пиротехнические изделия спецтехники.

В соответствии со стандартным определением понятия “боеприпасы”, закреплённым в ГОСТ В 20313–74 “Боеприпасы. Термины и определения”, к таковым, наряду с другими боеприпасами, относятся *пиротехнические средства, состоящие на вооружении армии и предназначенные для выполнения основной боевой задачи (поражение целей), способствующие выполнению боевой задачи, а также предназначенные для обучения личного состава Вооружённых сил.*

К *пиротехническим средствам гражданского назначения* относятся те пиротехнические средства, которые не являются предметами вооружения, а применяются в народном хозяйстве для реализации специфических пиротехнических эффектов. Они применяются для подачи сигналов (световых, звуковых, дымовых), выполнения специальных технологических операций, для освещения, обеспечения термического воздействия, вызова принудительного схода лавин, активного воздействия на атмосферные явления, отпугивания птиц на аэродромах, устройства фейерверков и т. д.

К *пиротехническим средствам спецтехники* относятся пиротехнические средства, состоящие на вооружении правоохранительных органов и применяемые для пресечения несанкционированных митингов и демонстраций, при освобождении заложников и др.

В целом, по непосредственному целевому назначению, пиротехнические средства можно разделить на группы:

- сигнальные и осветительные средства;
- имитационные средства;
- дымовые средства;
- фейерверочные средства;
- зажигательные средства;
- пиротехнические средства спецтехники;
- средства воздействия на природные явления;

- воспламенительные средства;
- трассирующие и помехообразующие средства;
- средства пирോавтоматики;
- средства термитной сварочной техники;
- средства уничтожения носителей информации;
- огнетушащие пиротехнические средства.

Государственным стандартом Украины ДСТУ 4105–2002 “Изделия пиротехнические бытовые. Общие требования безопасности” введено понятие пиротехнических изделий технического и специального назначения, кроме того, для обращения в быту — группа пиротехнических изделий бытового назначения. Таким образом, авторы предлагают следующую классификацию пиротехнических изделий, применяемых на Украине:

- пиротехнические изделия военного назначения;
- пиротехнические изделия специального назначения;
- пиротехнические изделия технического назначения;
- пиротехнические изделия бытового назначения.

Пиротехнические изделия военного назначения — пиротехнические средства, состоящие на вооружении армии, предназначенные для выполнения боевой задачи, способствующие её выполнению и предназначенные для обучения личного состава вооружённых сил Украины.

Пиротехнические изделия специального назначения — пиротехнические средства, не являющиеся предметами вооружения, использование которых требует определенных специальных знаний и навыков, соответствующей аттестации исполнителей (пользователей) и (или) обеспечения соответствующих условий технического оснащения, они относятся, как правило, к первому классу опасных грузов, согласно ГОСТ 19433–88.

Пиротехнические изделия технического назначения (профессиональная пиротехника) — изделия, использование которых требует определенных специальных знаний и навыков, соответствующей аттестации исполнителей (пользователей) и (или) обеспечения соответствующих условий технического оснащения, и относятся, как правило, к первому классу опасных грузов, согласно ГОСТ 19433–88.

Пиротехнические изделия бытового назначения — изделия, свободно продаваемые населению, обращение с которыми не требует специальных знаний и навыков. Использование (применение) с соблюдением требований предоставляемой инструк-

ции по применению обеспечивает за границами опасных зон безопасность здоровья и жизни людей, не приводит к порче имущества и нанесению вреда окружающей среде. Они относятся, как правило, к первому классу опасных грузов, согласно ГОСТ 19433–88.

Глава 2. ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Как было определено выше, пиротехнические изделия военного назначения — изделия, состоящие на вооружении армии, предназначенные для выполнения боевой задачи, способствующие её выполнению и предназначенные для обучения личного состава Вооруженных сил Украины.

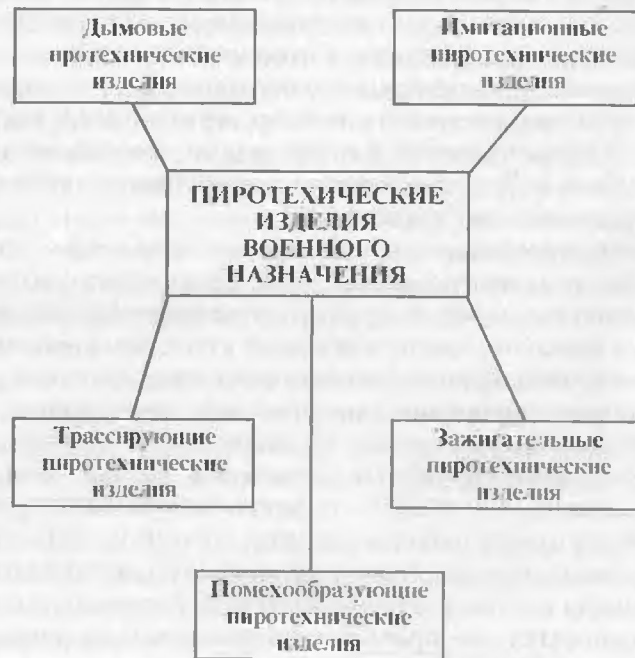


Рис. 1.

Пиротехнические изделия военного назначения (рис. 1) включают:

- имитационные пиротехнические изделия;

- дымовые пиротехнические изделия;
- зажигательные пиротехнические изделия;
- трассирующие пиротехнические изделия;
- помехообразующие пиротехнические изделия.

2.1. Имитационные пиротехнические изделия

Имитационные пиротехнические средства — устройства для имитации действия различных боеприпасов:

- взрывпакеты и электровзрывпакеты — взрывные устройства, состоящие на вооружении армии и применяемые во время проведения войсковых учений для условного обозначения мест разрывов артиллерийских снарядов, мин и ручных гранат;
 - имитационные патроны — заряды пиротехнических составов, состоящие на вооружении армии и применяемые во время проведения войсковых учений и маневров для имитации орудийной стрельбы, а также для обучения личного состава звукометрических подразделений засечке стреляющих орудий (миномётов);
 - шашки имитации разрыва артиллерийского снаряда — заряды пиротехнических составов, предназначенные для звуковой, световой и дымовой имитации разрывов артиллерийских боеприпасов;
 - имитаторы действия химических боеприпасов — заряды пиротехнических составов, размещённые в контейнерах со вспомогательными отравляющими веществами группы лакриматоров и предназначенные для образования при взрыве аэрозоля со слезоточивыми свойствами;
 - стационарные имитаторы — пиротехнические заряды со средствами вертикального метания и воспламенения, предназначенные для имитации разрывов ядерных боеприпасов.
- Пиротехнические средства, имитирующие разрывы боеприпасов, составляют (по назначению) три группы:

1. Артиллерийские.
2. Инженерные.
3. Химические.

Рассмотрим виды пиротехнических средств, входящие в эти группы.

1 группа (артиллерийские):

Взрывпакеты (имитация наземных разрывов артиллерийских снарядов, мин и ручных гранат).

Электровзрывпакеты (имитация воздушных разрывов артиллерийских снарядов).

Имитационные патроны:

ИМ-82 (имитация выстрела 82-мм миномёта);

ИМ-85 (имитация выстрелов 85-мм полевой пушки или 122-мм гаубицы М-30);

ИМ-100 (имитация выстрелов 100-мм пушки, 122-мм гаубицы на больших зарядах, или разрывов снарядов и мин калибром 100-мм и более);

ИМ-120М (имитация выстрела 120-мм миномета).

Шапки имитации разрыва артиллерийского снаряда:

ШИРАС (имитация наземных разрывов артиллерийских снарядов);

ШИРАС-М (имитация наземных разрывов артиллерийских снарядов электрическим способом).

2 группа (инженерные):

Учебно-имитационные мины:

УИТМ-60 (имитация взрыва боевой противотанковой мины (фугаса), с созданием звукового и светового эффектов);

УТМД-Б и УТМД-44 (имитация взрыва боевых мин, с созданием светового эффекта);

УПМД-6 (минирование местности с целью имитации поражения живой силы противника).

УПОМЗ-2 (минирование местности с целью имитации поражения живой силы противника).

3 группа (химические):

Учебная ядовито-дымная граната.

Уч.ЯДГ (обозначение применения противником химического оружия — авиабомб, артиллерийских снарядов и мин, снаряженных нестойкими отравляющими веществами).

Имитационные гранаты:

ИГН (обозначение нападения противника химическими минами, снарядами и авиабомбами с нестойкими отравляющими веществами).

ИГС (обозначение нападения противника химическими ми-

нами, снарядами и авиабомбами, снаряженными стойкими отравляющими веществами).

Имитационный фугас.

ИФ (обозначение применения противником полей химических фугасов и крупных авиабомб, снаряженных стойкими отравляющими веществами).

Приведем характеристики некоторых имитационных пиротехнических средств.

Взрывпакеты

Взрывпакеты изготавливаются двух видов: кубической и цилиндрической (рис. 2) формы. Они состоят из корпуса, двух прокладок (крышек), огнепроводного шнура (ОША, ОЩДА или ОШП) и заряда дымного пороха. Корпус цилиндрической формы изготовлен из картона светло-коричневого цвета. В центре верхней прокладки (крышки) находится отверстие, через которое проходит огнепроводный шнур, конец которого покрыт веществом черного цвета.

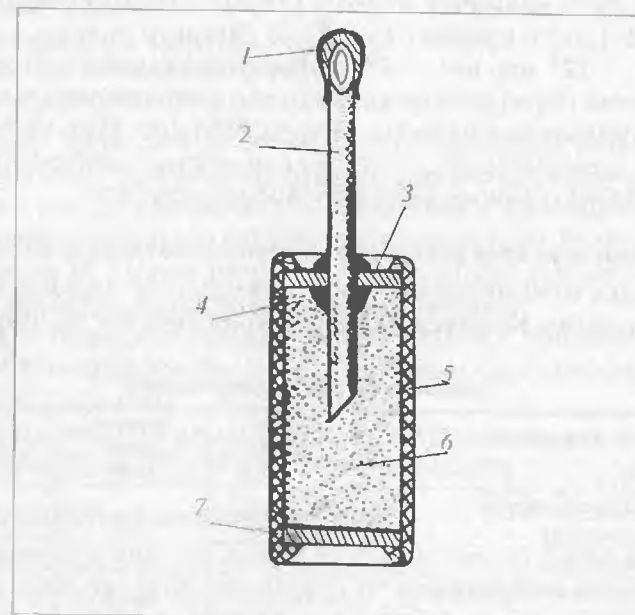


Рис. 2. Взрывпакет цилиндрической формы:
1 — запал (запальная головка); 2 — огнепроводный шнур; 3 и 7 — картонные крышки; 4 — нить, пропитанная клеем; 5 — картонная гильза; 6 — пороховой заряд.

Основные характеристики взрывпакетов

Показатели	Кубической формы	Цилиндрической формы
Масса, (г)	80	58
Масса порохового заряда, (г)	40	30
Безопасное расстояние при взрыве	не менее 10 м	
Дальность слышимости взрыва	до 2 км	
Продолжительность горения огнепроводного шнура, (сек.)	7-8,5	7-8,5

Взрывпакет взрывается огневым способом при воспламенении огнепроводного шнура с помощью тлеющего фитиля или спичек. Взрыв порохового заряда сопровождается звуком и образованием небольшого облачка дыма белого или серого цвета.

Имитационные патроны

Так как имитационные патроны имеют общую конструкцию, рассмотрим их устройство на примере ИМ-85.

Патрон представляет собой бумажно-картонную гильзу с obturatorом, снаряженную пиротехническим составом: тротил (48-2)%, калийная селитра (33-2)%, алюминиевый порошок (14-1,5)%, криолит (5-1,5)%. Диаметр гильзы — 72 мм, высота — 227 мм, вес — 770 г. Верхняя крышка залита веществом типа парафина, нижняя покрыта молотковой эмалью.

Имитационные патроны ИМ-85, ИМ-100, ИМ-120М взрываются электрическим способом с помощью электродетонатора, а ИМ-82 с помощью электровоспламенителя.

Шашки имитации разрыва артиллерийского снаряжения ШИРАС

Шашки изготавливаются в трех вариантах: белого, черного и серого дыма. Корпус шашки изготовлен из жести, при взрыве

Основные характеристики шашек

Показатели	Белого дыма	Черного дыма	Серого дыма
Масса, (г)	1820	1430	900
Масса дымового заряда:			
— переходного (г)	—	150	45
— основного (г)	1500	1500	620
Время горения огнепроводного шнура, (сек.)	10-15	10-15	13-20
Время сохранения дымового облака	не более 5 сек.		
Безопасное расстояние при взрыве	не менее 25 м		

дымowego состава разрывается, как правило, по шву и осколков при этом не образуется. Шашки приводятся в действие огневым способом. Воспламенение огнепроводного шнура производится с помощью терки, шнур горит 10-15 (13-20) секунд. Взрыв дымового состава сопровождается звуком и образованием дымового облака, похожего на облако от разрыва артиллерийского снаряжения (мины).

Имитационная граната ИГН

Снаряжается учебно-боевым нестойким отравляющим веществом (УБНОВ-1).

Состоит из двух картонных цилиндров (наружного — корпуса и внутреннего — запального стакана), соединённых между собой кольцевым дном. Граната закрывается крышкой, которая обматывается изоляционной лентой. Запальный стакан имеет дно и предназначен для размещения стандартного взрывпакета цилиндрической формы.

Снаряженная граната парафинируется и в таком виде доставляется в войска.

Общий вес снаряженной гранаты — 180 г.

Вес учебно-боевого отравляющего вещества в гранате — 100 г.

УБНОВ представляет собой смеси порошкообразного хлорацетофенона с различными нейтральными веществами. Смеси имеют две разновидности — УБНОВ-1 и УБНОВ-2, различающиеся содержанием нейтральных веществ. УБНОВ-1 — для снаряжения ИГН, при разрыве имитационной гранаты происходит заражение воздуха хлорацетофеноном.

Подготовка имитационных гранат ИГН к подрыву производится непосредственно перед подрывом или заранее (не ранее чем за 2-3 часа).

Для подрыва гранаты поджигается взрывпакет, вставляемый в запальный стакан, и её немедленно бросают.

Учебно-имитационная мина УПМД-6

По внешнему виду и размерам соответствует боевой противопехотной мине ПМД-6м (ПМД-6), предназначенной для минирования местности с целью поражения живой силы противника. Состоит из корпуса, учебно-имитационного патрона (по форме сходного с малой тротиловой шашкой), взрывателя

МУВ-2 или МУВ-4 с Т-образной чекой и запалом УИМД-5м или УИМД-2. Корпус мины — деревянный, прямоугольной формы, с откидной крышкой, шарнирно соединенной с корпусом. В передней стенке корпуса имеется отверстие для взрывателя МУВ-2, а в передней стенке крышки — паз, в который при закрывании крышки входит шток взрывателя. В боевом положении передняя стенка крышки своим нижним основанием опирается на заплечики Т-образной чеки взрывателя.

Вес мины — 410 г.
Вес учебно-имитационного патрона — 150 г.

2.2. Дымовые пиротехнические изделия

Дымовые пиротехнические средства — изделия, предназначенные для образования аэрозолей в виде дымов и туманов:

- дымовые шашки — стационарно устанавливаемые устройства для постановки маскирующих дымовых завес в различных диапазонах электромагнитного спектра;
- дымовые гранаты — метаемые дымовые гранаты для постановки маскирующих завес нейтрального дыма или создания облака активного дыма, обладающего свойствами ирританта (раздражающим действием);
- патроны практические к противотанковым и противопехотным минам (ПТМ и ППМ) — устройства, содержащие дымообразующие вещества и предназначенные для подачи дымового сигнала во время проведения учений;
- дымообразующие артиллерийские снаряды, ракеты, минометные мины, авиабомбы и гранатометные выстрелы — боеприпасы, предназначенные для постановки маскирующих нейтральных дымовых завес в различных диапазонах электромагнитного спектра;
- дымовые генераторы — устройства, представляющие собой стационарные агрегаты для создания устойчивых плотных дымовых завес;
- бытовые средства активного и нейтрального дыма — дымовые пиротехнические средства, предназначенные для защиты растений от заморозков и для окуливания хранилищ продуктов с целью уничтожения вредителей. Эти средства в основном применяются в народном хозяйстве, их также можно отнести к пиротехническим изделиям специального назначения.

2.3. Зажигательные пиротехнические изделия

Зажигательные пиротехнические средства — устройства для зажигания объектов:

- первичные зажигательные средства — устройства, предназначенные для передачи первичного огневого импульса зажигаемому объекту;
- зажигательные боеприпасы — боеприпасы с зажигательными элементами, предназначенные для воспламенения целей;
- зажигательные огневые сигналы — устройства, имеющие двойное назначение, используемые для подачи огневых сигналов и для зажигания горючих материалов.

Приведем примеры некоторых зажигательных пиротехнических средств.

Зажигательные ручные гранаты

Зажигательные ручные гранаты получили распространение во время войны 1914–1918 гг. Гранаты, снаряженные фосфором, создают при горении много дыма. Применялись они, главным образом, для вывода из строя противогазов противника, а также “выкуривания” его из окопов, погребов и других убежищ.

Более широкое применение находили ручные гранаты, снаряженные термитом. Их использовали для поджигания деревянных построек, а также для приведения в негодность оставленных орудий и другой техники, так как при горении термита, создаваемая температура (до 2500°C) легко расплавляет металл.

Зажигательные снаряды

Зажигательные снаряды сыграли значительную роль в войнах прошлого столетия. В начале века применялись зажигательные снаряды, снаряженные фосфором и целлулоидом. В немецких снарядах целлулоидные тела, окруженные фосфором, помещались в парафин. Французские снаряды содержали бумажные свертки, пропитанные смесью из калийной селитры, серы, угля и смолы. Эти пакеты помещались в насыщенный раствор фосфора в сероуглероде. Такой смесью наполнялись корпуса снарядов.

Впоследствии появились значительно более мощные — термитные снаряды, вызывавшие трудно поддающиеся тушению пожары во многих местах. Дальнейшее их усовершенствование

привело к созданию 75-мм термитно-сегментного зажигательного снаряда. Достоинством конструкции их является большое количество очагов пожаров, создаваемых ими, и трудность их тушения.

Зажигательные авиационные бомбы

Бывают различной конструкции и веса — от небольших бомб в 200 г до мощных многокилограммовых. Различают авиабомбы следующих типов:

- *интенсивные*, тяжелые зажигательные бомбы замкнутого типа;
- *разрывные (экстенсивные)*, разбрасывающие в момент разрыва большое количество горящих элементов;
- *рассеивающие*, мелкие бомбы, сбрасываемые на цель в большом количестве.

2.4. Трассирующие пиротехнические изделия

Трассирующие пиротехнические средства — устройства, предназначенные для увеличения точности использования оружия:

- *трассеры* — устройства, представляющие собой пиротехнический заряд из трассирующего или дымового состава, запрессованного в собственный корпус или корпус снаряда со средством воспламенения или без него. Предназначаются для стрельбы по быстро движущимся целям. Их используют для подачи сигналов, целеуказания, фотографирования траектории при баллистических исследованиях и при отработке снарядов. Применяют также для наведения на цель противотанковых управляемых ракет (ПТУР), ракет класса “воздух-воздух”, “воздух-поверхность”, управляемых авиабомб и т. п.

С развитием авиации и быстро движущихся наземных целей (бронетехники), большая скорость перемещения которых затрудняет стрельбу, возросла потребность в трассирующих средствах.

Они должны создавать ясно различимую траекторию полета, обязательно совпадающую с траекторией соответствующего боевого объекта, обеспечивать достаточную дальность трассирования и маскировать точное местонахождение стрел-

ляющего. Важны также безотказность действия, безопасность в обращении и стойкость при хранении.

По способу воспламенения трассирующего состава их можно подразделить на *средства лучевого и механического воспламенения*.

В первом случае состав воспламеняется от порохового заряда в канале ствола орудия. Иногда, чтобы обеспечить и облегчить воспламенение, оно осуществляется с помощью воспламенительного состава.

Для механического воспламенения используется специальный механизм.

Первый способ воспламенения значительно проще и дешевле второго. Однако он менее надежен. Кроме того, трассирующий состав горит в канале орудия, что вызывает большую его изнашиваемость. Этот способ воспламенения применяется в мелкокалиберных изделиях.

Механический способ дает более надежное воспламенение, но значительно удорожает стоимость объекта. Он применяется в трассирующих снарядах среднего калибра.

Во время горения трассирующих составов можно получать пламя, дым или комбинированное огневое и дымовое действие.

По конструкции изделия разделяются на трассирующие пули и трассирующие снаряды.

2.5. Помехообразующие пиротехнические изделия

Помехообразующие пиротехнические средства — устройства, предназначенные для снижения точности применения оружия противником:

- *помехообразующие средства* — устройства, обеспечивающие создание помех для систем вооружения противника в различных диапазонах электромагнитного излучения, а также в гидроакустике.

Так как доступ к информации, касающейся помехообразующих пиротехнических средств, имеет ряд режимных ограничений, связанных с жизнеобеспечением вооруженных сил, этот вид изделий в данной публикации рассматривать не будем.

Для успешного ведения боевых действий и проведения учений используется большое количество разнообразных пиротехнических средств, в том числе *сигнальных и осветительных*. В связи с тем, что авторы относят их к группе пиротехнических

изделий специального назначения, рассмотрим только те из них, которые применяют в армии для выполнения поставленных задач.

Сигнальные средства

Достоинствами пиротехнических средств сигнализации являются следующие их свойства:

- постоянная готовность к применению;
- простота в обращении;
- отсутствие необходимости специальной подготовки к подаче сигналов;
- возможность сигнализации с различного положения и местонахождения;
- достаточная продолжительность действия сигнала;
- возможность одновременно сигнализировать большому количеству лиц.

Недостатки пиротехнических сигнальных средств — их опасность (усложняет условия хранения) и зависимость эффективности сигнала от погоды (ветер, дождь, туман). Они подразделяются на сигналы ночного и дневного действия.

Сигнальные средства ночного действия снаряжаются пиротехническими составами, создающими во время горения пламя различных цветов.

Сигнальные средства дневного действия снаряжаются составами, образующими окрашенные дымовые облака.

Характер действия сигнала зависит от конструкции и размера изделия, а также свойств применяемого для его снаряжения состава.

Рассмотрим устройство и принцип действия некоторых пиротехнических изделий, применяемых в военных целях.

Реактивные патроны калибров 30-мм, 40-мм и 50-мм

Конструктивно все они представляют собой скрученные из патронной бумаги (или изготовленные из пластмассы) пусковые трубки, из которых запускаются ракеты с полезным грузом в виде сигнальных (огневых, дымовых, звуковых), осветительных или зажигательно-дымовых пиротехнических элементов. Запуск двигателей ракет всех трех калибров осуществляется от терочного капсюля-воспламенителя в два этапа:

- от заряда-усилителя начинается горение воспламенительной звездки, создающей в камере сгорания повышенное давление;

- по мере нарастания давления происходит стабильное возгорание шашки нитроглицеринового пороха.

Для улучшения воспламенения порохового заряда двигателя ракет в реактивных патронах используют:

30-мм — кружки стопнированной марли;

40-мм — усилители (картонная шайба с навеской дымного ружейного пороха);

50-мм — кружки из эксцельсора с навесками дымного ружейного пороха.

Необходимо отметить, что информация о пиротехнических средствах военного назначения будет неполной без рассмотрения вопроса классификации применяемых в них составов.

2.6. Классификация пиротехнических составов военного назначения

К пиротехническим составам военного назначения (условно) можно отнести следующие:

- осветительные;
- фотоосветительные (фотосмеси);
- трассирующие;
- инфракрасного излучения;
- зажигательные;
- почных сигнальных огней;
- цветных сигнальных дымов;
- маскирующих дымов;
- твердое пиротехническое топливо;
- безгазовые (для замедлителей);
- газогенерирующие.

Этими пиротехническими составами снаряжаются следующие виды пиротехнических средств военного назначения:

- Средства, имитирующие разрывы боеприпасов (артиллерийские, инженерные, химические).
- Осветительные средства (авиабомбы, артиллерийские снаряды, авиационные факелы, минометные мины), используемые для освещения местности в ночное время.
- Ночные и дневные сигнальные средства (патроны, ракеты), применяемые для подачи сигналов (огневых, дымовых, звуковых).
- Трассирующие средства, делающие видимой траекторию

полета пуль и снарядов (и других подвижных объектов), и тем самым облегчающие пристрелку по движущимся целям.

- Средства инфракрасного излучения, используемые для слежения за траекторией полета ракет и в качестве ложных целей.
- Фотоосветительные средства (фотоавиабомбы, фотонатроны), применяемые во время проведения: ночной аэрофотосъемки, разведки, контроля результатов бомбометания.
- Зажигательные средства (бомбы, снаряды, пули), служащие для уничтожения объектов противника.
- Маскирующие средства (дымовые шашки, снаряды, гранаты), применяемые для получения дымовых завес.
- Ракеты различного назначения и дальности полета, в которых используется твердое пиротехническое топливо.
- Учебно-имитационные средства, используемые как на учениях и маневрах, так и в боевой обстановке, имитирующие применение ядерного и химического оружия, артиллерии и минометов, для дезориентации службы наблюдения противника.
- Целеуказательные средства (снаряды, бомбы), указывающие местонахождение объектов противника.
- Пиротехнические газогенераторы, используемые для различных целей.

Кроме того, эти же составы могут использоваться и в пиротехнических изделиях, применяемых в различных отраслях народного хозяйства.

Глава 3. ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Перед рассмотрением пиротехнических изделий специального назначения необходимо отметить, что многие из них применяются как в военном деле, так и в народном хозяйстве. Поэтому относить их к тому или иному виду можно условно, примером таких изделий служат сигнальные, осветительные и имитационные средства, которые вместе с характеристиками пиротехнических элементов приведены в приложении (таблицы 4–6).

В соответствии с Государственным стандартом Украины ДСТУ 4105–2005 *пиротехнические изделия специального назначения* — изделия, использование которых требует определенных специальных знаний и навыков, соответствующей аттес-

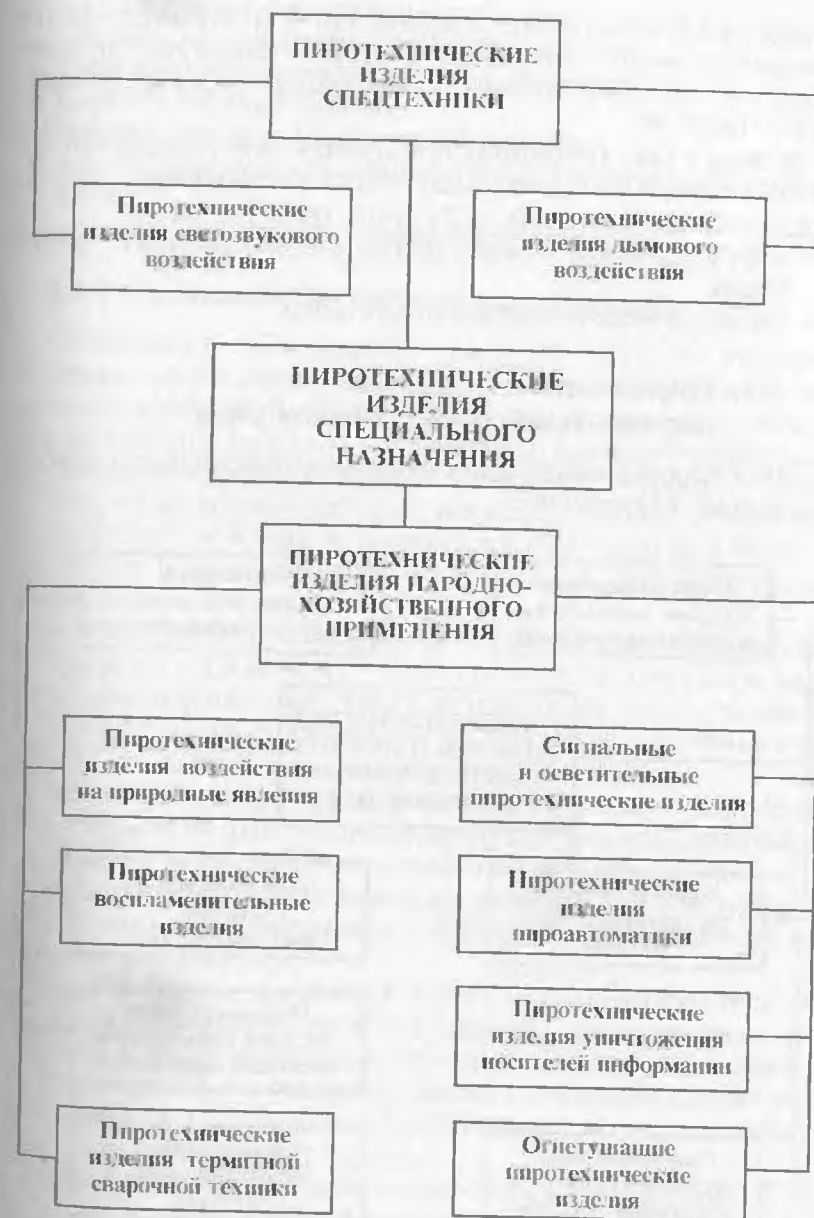


Рис. 3.

тации исполнителей (пользователей) и (или) обеспечение соответствующих условий технического оснащения, и относятся, как правило, к первому классу опасных грузов, согласно ГОСТ 19433-88.

В связи с тем, что область применения пиротехнических изделий специального назначения очень разнообразна, авторы предлагают разделить их на 2 группы (рис. 3):

- пиротехнические изделия народно-хозяйственного применения;
- пиротехнические изделия спецтехники.

3.1. Пиротехнические изделия народно-хозяйственного применения

Пиротехнические изделия народно-хозяйственного применения (рис. 4) включают:

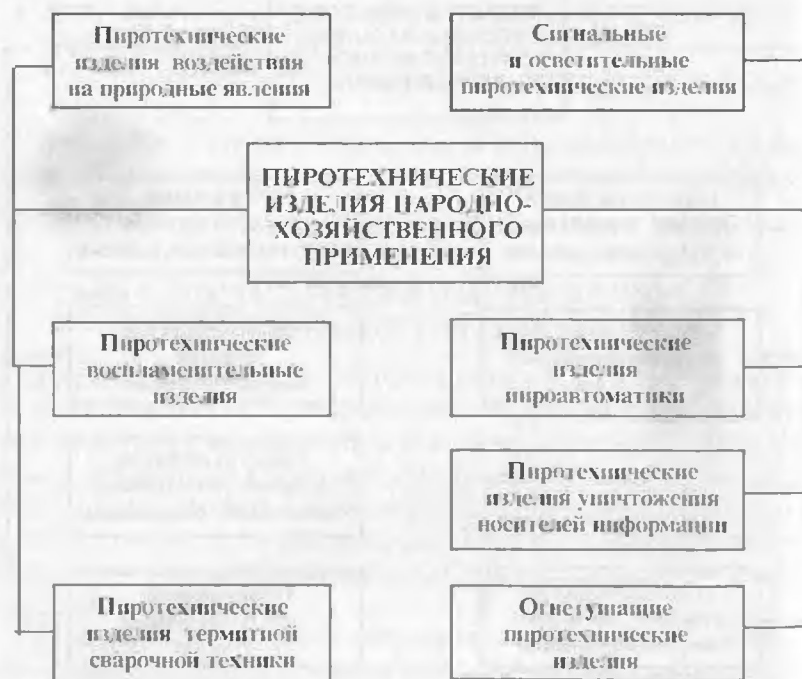


Рис. 4.

- сигнальные и осветительные средства;
- средства воздействия на природные явления;
- пиротехнические воспламенительные средства;
- средства пиропневматики;
- средства термитной сварочной техники;
- пиротехнические средства уничтожения носителей информации;
- огнетушащие пиротехнические средства.

3.1.1. Сигнальные и осветительные средства

Сигнальные и осветительные средства — изделия, предназначенные для подачи звуковых и (или) световых или дымовых сигналов в дневное и ночное время суток, а также для освещения местности и (или) водной акватории в условиях темноты:

- реактивные осветительные и сигнальные патроны — изделия, в конструкции которых имеются пусковое устройство и ракета с зарядами из осветительного и (или) сигнального состава (состава сигнального огня, дыма, звукового состава) соответственно;
- осветительные артиллерийские снаряды, ракеты, авиабомбы, мипометные мины — изделия, имеющие в своей конструкции парашютный факел из пиротехнических составов, предназначенные для освещения местности в условиях темноты (в основном применяются в военном деле);
- фотоавиабомбы, фотовспышки, фотопатроны — устройства с зарядом из фотоосветительного состава, применяемые в качестве искусственных источников света при ночном воздушном фотографировании для разведки или контроля результатов бомбометания и т. п. (в основном применяются в военном деле);
- осветительные, сигнальные и зондировочные патроны с огнестрельным способом срабатывания — изделия, отстреливаемые из различных стреляющих приспособлений и предназначенные для освещения местности и целей, подачи сигналов или для визуального наблюдения за направлением и определения скорости ветра;
- ручные, наземные и плавающие сигнальные средства — изделия, предназначенные для подачи разноцветных световых или дымовых сигналов из положения "с руки", а также с земли или водной поверхности;

- оповещающие стационарно устанавливаемые сигнальные средства — устройства, предназначенные для подачи светового и (или) звукового сигнала при внешнем воздействии на систему приведения сигнала в действие.

3.1.2. Средства воздействия на природные явления

Средства воздействия на природные явления — изделия, предназначенные для активного воздействия на атмосферные явления (рассеивание облачности, градовых облаков), вызова принудительного схода лавин, а также для отпугивания птиц от взлетно-посадочных полос аэродромов:

- средства активного воздействия на атмосферные явления — изделия, предназначенные для предотвращения выпадения града, вызова осадков, рассеивания туманов и облаков;
- патроны схода лавин — взрывные устройства, предназначенные для вызова принудительного схода лавин;
- патроны отпугивания птиц — изделия, обеспечивающие интенсивное отпугивающее светозвуковое воздействие при отстреле над взлетно-посадочными полосами аэродромов в местах пролета птичьих стай.

3.1.3. Пиротехнические воспламенительные средства

Пиротехнические воспламенительные средства — изделия, предназначенные для воспламенения пиротехнических составов и ракетных топлив. Представляют собой корпус с зарядом из воспламенительного состава и средством воспламенения или без него.

- пировоспламенители;
- запальные устройства;
- пироевечи;
- патроны пирозажигательные;
- патроны торпедно-зажигательные.

Перечисленные средства являются простейшими (по функциональному назначению) изделиями и применяются для инициирования реакции горения основных зарядов пиротехнических составов и взрывчатых веществ метательного действия в изделиях, их содержащих, посредством передачи огневого импульса.

3.1.4. Средства пироавтоматики

Средства пироавтоматики — устройства, предназначенные для приведения в действие, отделения от конструкции или намеренного разрушения элементов конструкции летательных и других аппаратов за счет энергии газов срабатывающих пиротехнических зарядов:

- механизмы раскрытия кассет — устройства, предназначенные для раскрытия замков кассетных боевых частей ракет;
- патроны выдавливания жидкости — устройства приведения в действие источников тока путем выдавливания электролита давлением газов, образующихся при сгорании пиротехнического состава;
- пироболты — устройства, предназначенные для соединения и последующего разъединения узлов в ракетно-космической технике расплавлением своего паяного шва;
- пирорезаки — устройства для резания с заданным замедлением стропы, препятствующей мгновенному раскрытию купола основного парашюта при использовании парашютных систем на высокоскоростных летательных аппаратах.

3.1.5. Средства термитной сварочной техники

Средства термитной сварочной техники — изделия, представляющие собой конструктивно оформленные заряды пиротехнических составов, предназначенные для сварки и резки металла за счет достижения при их сгорании высокой температуры.

- шашки и патроны для сварки электропроводов — изделия, предназначенные для соединения посредством сварки отрезков электропроводов;
- сварочные пиротехнические стержни — изделия, представляющие собой конструктивно оформленные заряды пиротехнических (термитных) составов, предназначенные для сварки металлов.

3.1.6. Пиротехнические средства уничтожения носителей информации

Пиротехнические средства уничтожения носителей информации — специальные изделия с зарядами пиротехнических сос-

тавов, предназначенные для экстренного уничтожения непосредственно в местах хранения различных носителей информации посредством сжигания:

- средства уничтожения магнитных носителей информации — изделия, предназначенные для сжигания пленок с аудио- и видеозаписями;
- средства уничтожения фотодокументов — изделия, предназначенные для сжигания фотошленки;
- средства уничтожения документов на бумаге — изделия, предназначенные для сжигания бумаги (ценных бумаг, документов и т. п.);
- средства уничтожения элементной базы электронной аппаратуры — пиротехнические изделия, предназначенные для уничтожения специальной электронной аппаратуры.

3.1.7. Огнетушащие пиротехнические средства

Огнетушащие пиротехнические средства — огнетушители, предназначенные для тушения локальных очагов возгорания.

- бытовые пиротехнические огнетушители;
- промышленные пиротехнические огнетушители.

Бытовые и промышленные пиротехнические огнетушители представляют собой изделия, содержащие в конструкции огнетушащее вещество и пиротехнический заряд, предназначенный для его метания.

Приведем характеристики некоторых пиротехнических изделий специального назначения, применяемых в народном хозяйстве.

Патрон П-2

Патрон предназначен для подачи звукового сигнала бедствия. Он находится в герметичной полиэтиленовой упаковке (пакете) и дополнительно завернут в вошеную бумагу. Состоит из пусковой трубки с воспламенительным устройством, ракеты, поджимной трубки, пыжей, металлической крышки и колпачка.

Длина патрона — 285 мм, диаметр картонной части пусковой трубки — 48 мм, металлической — 49 мм, вес — 500 г.

Патрон сигнальный ночного и дневного действия (ПСНД)

Патрон предназначен для подачи сигнала бедствия. Представляет собой изготовленный из пластмассы коричневого цвета цилиндрический футляр (корпус) с навинченными в торцы колпачками (из аналогичной пластмассы). Между корпусом и колпачками помещены уплотнительные резиновые кольца.

Длина корпуса патрона — 170 мм, диаметр — 35 мм, вес — 180 г.

Факел-свеча железнодорожный

Факел-свеча предназначен для подачи светового сигнала к остановке поезда. Представляет собой гильзу цилиндрической формы, в верхней части которой находятся два помещенных друг на друга колпачка. Сверху на факеле имеется возвышение из пиротехнического состава, которое необходимо потереть запальником для приведения факела в действие. Запальником снабжен один из колпачков. В комплект факела входят проводочные ножки, прикрепленные к корпусу при помощи двух уплотнительных колец. Перед приведением в действие на них устанавливается факел. Гильза, колпачки и кольца изготовлены из картона. Наружные поверхности этих комплектующих окрашены красителем красного цвета.

Размеры факела: общая длина — 312 мм, диаметр — 26 мм, диаметр колпачка, в верхней части которого находится терка — 29 мм, верхнего колпачка — 32,5 мм. Вес факела — около 260 г.

15-мм сигнальные патроны и приспособления для их отстрела

15-мм сигнальные патроны и приспособления для их отстрела предназначены для подачи светового сигнала в дневное и ночное время. Они выпускаются как в армейском, так и в гражданском исполнении (для охотников, рыбаков, туристов) под названиями патрон “Сигнал” или “Пиротехнический сигнал охотника”.

15-мм сигнальные патроны снаряжаются пиротехническими звездками красного, зеленого и желтого огня. Цвет покрытия на внешней поверхности пыжа, закрывающего торец патрона, соответствует цвету огня звездки.

Штатное использование изделий

Согласно правилам, отстреливать 15-мм патроны можно из различных положений (стоя, лежа, с колена и др.) под углом 85–90° к горизонту в сторону от людей и техники.

При использовании “Пиротехнического сигнала охотника”, согласно паспорту на пусковые устройства, **запрещается**: перекрывать рукой верхний срез патрона при ввертывании его в резьбовое гнездо устройства, направлять заряженное устройство на себя и находящихся ближе 150 м людей, стросния, взрывчатые и горючие вещества, производить стрельбу ближе 100 м от легковоспламеняющихся предметов.

Нештатное использование изделий

При штатном использовании приспособление для отстрела в сборе с 15-мм сигнальным патроном применяется в качестве стреляющего устройства, в котором горящая пиротехническая звездка является метаемым телом.

Прицельная стрельба возможна из положения “с вытянутой руки” на расстояние 5 м, а из положения “с упора” — на расстояние 35 м, при этом боковое рассеивание составляет до 0,25 м. Максимальная дальность полета горячей звездки при стрельбе под углом 45° к горизонту — около 100 м.

При выстреле по твердым преградам наблюдается дробление звездки с последующим многоочаговым догоранием ее осколков, увеличивающим размеры зоны термического поражения окружающих объектов. При выстреле по мягким тканям человеческого тела (не защищенной одеждой) наблюдается образование раневого канала длиной до 35 мм. Догорание звездки происходит внутри раны.

Реальная для человека опасность комбинированного поражающего действия (ударного и термического) существует на дистанциях выстрела, не превышающих 3 м.

Реактивные патроны

- 30-мм реактивный осветительный патрон с одной звездкой;
- 30-мм реактивный осветительный патрон с двумя звездками;
- 30-мм реактивный сигнальный однозвездный патрон;
- 30-мм реактивный сигнальный многозвездный патрон;
- 30-мм реактивный осветительный патрон увеличенной дальности;
- 30-мм реактивный однозвездный сигнальный патрон красного и зеленого огней;
- 30-мм реактивный многозвездный сигнальный патрон красного и зеленого огней;

- 30-мм реактивный сигнальный патрон дневного действия красного и синего дымов;
- 30-мм реактивный однозвездный унифицированный патрон;
- 40-мм реактивный осветительный патрон;
- 40-мм реактивный двухзвездный сигнальный патрон (РДСП) красного, зеленого, желтого и белого огней;
- ракета бедствия судовая РБ-40С;
- 40-мм реактивный осветительный патрон увеличенной дальности;
- 40-мм реактивный парашютный сигнальный патрон (РПСП) красного, зеленого, желтого и белого огней;
- ракета сигнала бедствия парашютная шлюпочная РБ-40Ш;
- 40-мм реактивный осветительный патрон увеличенной дальности в пластмассовой гильзе;
- парашютная ракета бедствия ПРБ-40;
- звуковая ракета бедствия ЗРБ-40;
- ракета сигнала бедствия парашютная судовая РБ-50С и др.

3.2. Пиротехнические изделия спецтехники

Пиротехнические средства спецтехники — устройства, предназначенные для интенсивного физиологического воздействия, вызывающего временное подавление психоволевой устойчивости преступников при их захвате, а также для разгона толпы в условиях массовых беспорядков.

Условно пиротехнические изделия спецтехники (рис. 5) можно разделить:

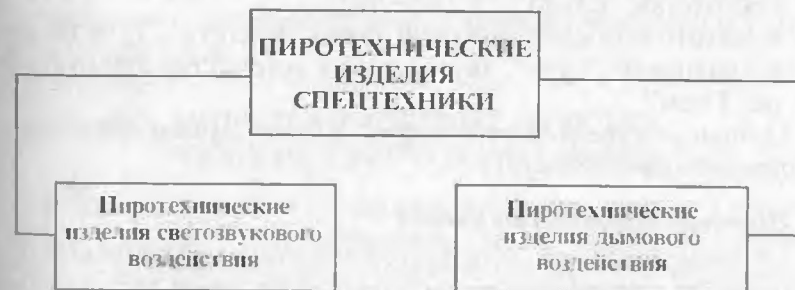


Рис. 5.

- светозвукового воздействия — взрывные устройства, предназначенные для создания резкой световой вспышки и мощного импульса звукового воздействия;

- дымового воздействия — изделия, предназначенные для создания аэрозолей вспомогательных боевых отравляющих веществ группы лакриматоров.

Примеры освобождения заложников во многих странах мира показали эффективность применения пиротехнических средств спецтехники в комплексе, т. е. средств светозвукового и дымового воздействий.

Светозвуковые спецсредства состоят на обеспечении спецподразделений силовых структур Украины и предназначены для психофизического воздействия на правонарушителей, преступные и экстремистские элементы. Все они представляют собой условно-безопасные взрывные устройства, состоящие из взрывного заряда, снабженного детонатором и помещенного в относительно малопроцный (пластмассовый, пенопластовый или изготовленный из патронной бумаги) корпус.

В настоящее время существуют следующие светозвуковые спецсредства:

- светозвуковой патрон к приспособлению для отстрела 15-мм сигнальных патронов;
- светозвуковая граната "Заря";
- светозвуковая граната "Заря-М";
- светозвуковая граната "Заря-2";
- стационарная светозвуковая граната "Пламя";
- светозвуковая граната "Факел";
- светозвуковая граната "Факел-салон";
- светозвуковой заряд "Кассета-СП" к 26-мм сигнальным пистолетам "СП-81", "СПШ-26";
- 6-элементный светозвуковой заряд "Кассета-СТ" к 82-мм гранатомету "Туча", автономному устройству для отстрела "Гном".

Основные характеристики средств спецтехники приведены в приложении (таблица 7).

Штатное использование изделий

Согласно правилам, светозвуковые спецсредства условно-безопасны на определенных расстояниях от места взрыва (для гранаты "Заря" безопасное расстояние составляет 2 м).

Нештатное использование изделий

Нештатным использованием светозвуковых спецсредств следует считать их применение на расстояниях меньших, чем предельно безопасные. Вещество снаряжения светозвуковых спецсредств срабатывает с последующим догоранием металлического горючего пиротехнического состава в кислороде воздуха. На безопасных расстояниях (2 м и более) давление на фронте воздушной ударной волны позволяет оценивать тротилловый эквивалент как близкий к 0,7. В ближней зоне тротилловый эквивалент близок к 2,0. Учитывая тот факт, что масса заряда гранаты "Заря" составляет 110 г, можно сделать вывод, что в непосредственной близости от точки взрыва применение спецсредства аналогично действию 200-граммовой тротиловой шашки.

Дополнительным поражающим действием на близких расстояниях (до 1 м) обладают и осколки пластмассовых корпусов гранат типа "Заря" и "Пламя".

Предпосылкой к нештатному использованию гранат "Заря" является отсутствие в них элемента предохранения. В практике зафиксированы случаи несанкционированного срабатывания терочного капсюля-воспламенителя и взрыва заряда устройства в ненадлежащих условиях (в кармане пострадавшего). Взрыв гранаты "Заря" в непосредственном контакте с телом человека, как правило, приводит к тяжким телесным повреждениям или летальному исходу.

В связи с тем, что средства дымового воздействия являются эффективнейшими по своему негативному воздействию на организм человека, а многие компоненты их пиротехнического состава — очень специфическими, в данном пособии рассматривать их не будем.

Глава 4. ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В соответствии с Государственным стандартом Украины ДСТУ 4105-2005, пиротехнические изделия технического назначения — изделия, использование которых требует определенных специальных знаний и навыков, соответствующей аттестации исполнителей (пользователей) и (или) обеспечение соответствующих условий технического оснащения, и относятся, как правило, к первому классу опасных грузов, согласно ГОСТ 19433-88.

Перед тем как приступить к освещению темы пиротехнических изделий технического назначения необходимо уяснить, что это — изделия, применяемые для проведения фейерверков. Иными словами, это фейерверочные средства для устройства светового и звукового действия, предназначенные для пиротехнического оформления праздников в бытовых условиях и при проведении массовых мероприятий — на концертах, гуляниях и т. д.

Фейерверочные изделия — изделия промышленного изготовления, создающие световой (светошумовой) эффект, связанный с одновременным или последовательным срабатыванием пусковых каналов, снаряженных вышибным зарядом и звездкой, выбрасываемой на определенную высоту для производства самого эффекта.

Исходя из вышеизложенного, пиротехнические изделия технического назначения представляют собой изделия, предназначенные для получения эффектного зрелища, иными словами их можно назвать *фейерверочными фигурами*.

Фейерверочные фигуры, применяемые отдельно, независимо друг от друга, называются *простыми фигурами*. Из них составляются *сложные фигуры*. Соединение нескольких сложных фигур вместе создает *картину*, или отделенный фейерверк. Последовательное сжигание нескольких картин составляет *фейерверк*.

Фейерверочные фигуры подразделяют на *низовые* — фигуры, сгорающие на земле, и на *верховые*, выбрасывающие вверх помещенные в них пиротехнические изделия и поднимающиеся вверх, в воздух.

Некоторые изделия сжигают на воде, их называют *водяными*.

Обычно фейерверочные фигуры готовят незадолго до применения.

Пиротехнические изделия технического назначения (рис. 6) включают:

- простые фейерверочные пиротехнические изделия низовые и верховые:
 - ручные и стационарные пиротехнические изделия;
- сложные фейерверочные пиротехнические средства низовые и верховые:
 - реактивные фейерверочные изделия;
 - фейерверочные изделия с огнестрельным способом срабатывания;
 - ручные и стационарные фейерверочные изделия.

Реактивные фейерверочные изделия — изделия, в которых подъем фейерверочных элементов на высоту осуществляется за счет работы пиротехнического реактивного двигателя (возмож-

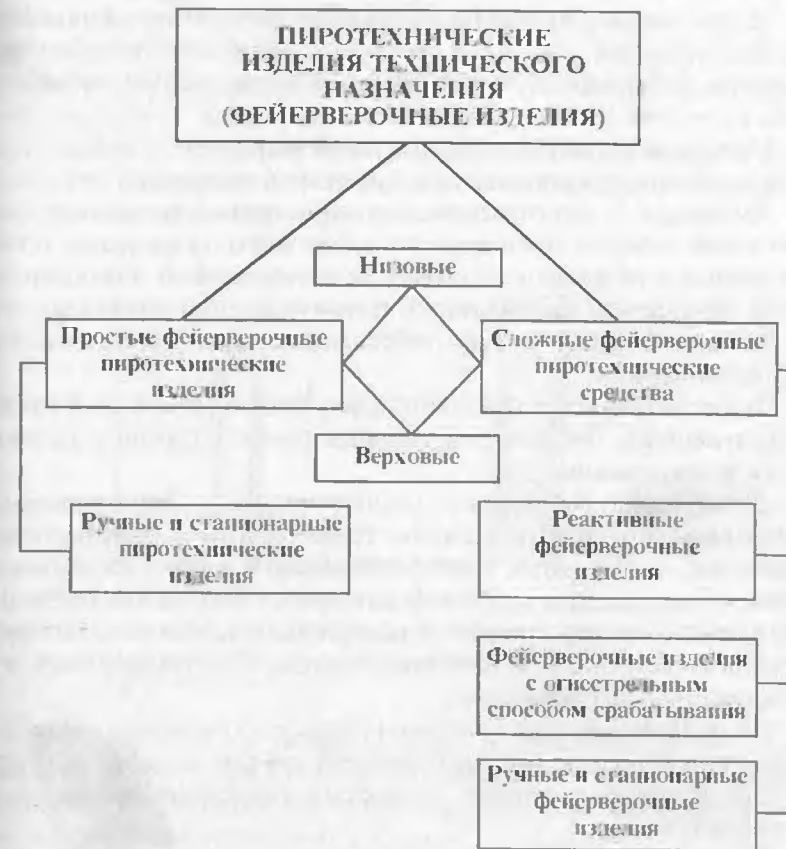


Рис. 6.

но использование в пиротехнических изделиях бытового назначения 1–3 классов опасности).

Фейерверочные изделия с огнестрельным способом срабатывания — изделия, в которых подъем фейерверочных элементов на высоту осуществляется за счет выстрела из патрона, мортиры или пускового устройства.

Ручные и стационарные фейерверочные изделия — изделия, пиротехнический эффект которых осуществляется без отстрела или реактивного запуска фейерверочных элементов (большая часть относится к пиротехническим изделиям бытового назначения).

Итак, пиротехнические изделия технического назначения (фейерверочные изделия) в основном предназначены для проведения фейерверков, и обращение с ними требует специальных познаний от обслуживающего персонала.

Прежде всего определим, что такое фейерверк, а затем — какие необходимо использовать пиротехнические изделия.

Фейерверк — пиротехническое шоу с применением пиротехнических изделий технического и бытового назначения, объединенных в целевой комплекс с использованием дистанционного управления, специальных приспособлений, пусковых устройств, командных систем, обеспечивающих его безопасное использование.

Такие шоу проходят на площадях, стадионах и т. п., а также в помещениях. Фейерверки, проводящиеся в зданиях, называются *концертными*.

Концертный фейерверк — пиротехническое шоу с применением пиротехнических изделий технического и бытового назначения, допущенных к использованию в закрытых помещениях, объединенных в целевой комплекс с использованием дистанционного управления и специальных приспособлений, пусковых устройств, командных систем, обеспечивающих его безопасное использование.

От требований, предъявляемых к пиротехническому шоу, зависят конструкция, пиротехнический состав, а также номенклатура изделий, входящих в простые и сложные фейерверочные фигуры.

Как уже отмечалось, соединение нескольких сложных фигур вместе создает картину.

Картина — одновременное использование пиротехнических изделий, при которых происходит соединение (слияние) их эффектов. Картины бывают *простые* и *сложные*.

Декорация — группа картин.

Картины и декорации, перемещающиеся в свободном пространстве, называются *движущимися*, а закрепленные на оборудовании для проведения пиротехнического шоу — *неподвижными*.

Наиболее распространены *простые неподвижные картины*, при составлении которых используют одинаковые изделия. Ярким примером таких картин являются контурные картины.

Контурные картины — это передача в контурных линиях изображений предметов, действий и текста.

Используются, как правило, сетки с ячейкой до 1 см, но не штампованные, а сваренные из проволоки диаметром 1–2 мм, что позволяет во время монтажа свечей не повредить их крепежную часть.

Из сеток набираются транспаранты размером более 3 м по высоте и 6 м в длину, затем производится крепление к штативам, имеющим противовесы (рис. 7).

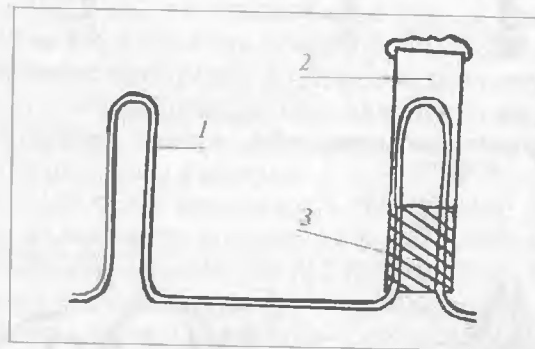


Рис. 7. Контурные картины:
1 — проволока; 2 — контурная свеча; 3 — крепление свечи к проволоке.

В тех случаях, когда необходимо расположить контурную картину значительно выше уровня земли или в воздухе, используется мягкая, но прочная проволока, изгибающаяся по контуру, заранее нарисованному на земле.

Чтобы избежать провисания, используют трубчатые телескопические каркасы.

Простые картины — это сочетания эффектов пиротехнических изделий, находящихся на каркасах и не совершающих движения.

Простые картины собирают на каркасной основе и в зависимости от размеров и массы используют как на высотных штангах, так и на мощных штативах. Каркасы могут иметь разную форму, что позволяет создавать разнообразные композиции. Названия получаемых картин полностью соответствуют

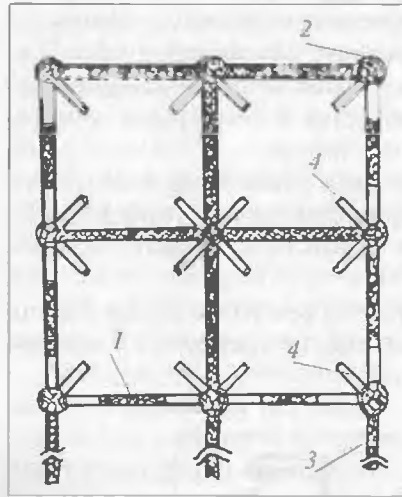


Рис. 8. "Мозаика":
1 — каркас; 2 — соединительные элементы; 3 — штатив; 4 — фонтаны.

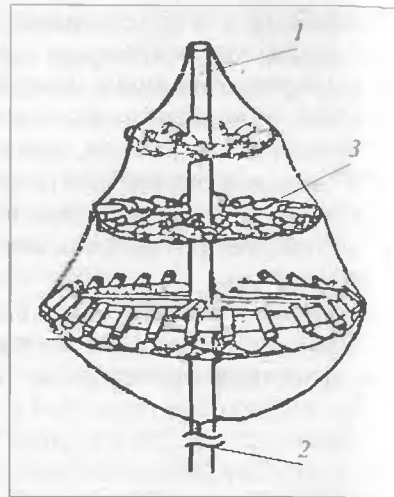


Рис. 9. "Каскад":
1 — каркас; 2 — штатив; 3 — фонтан.

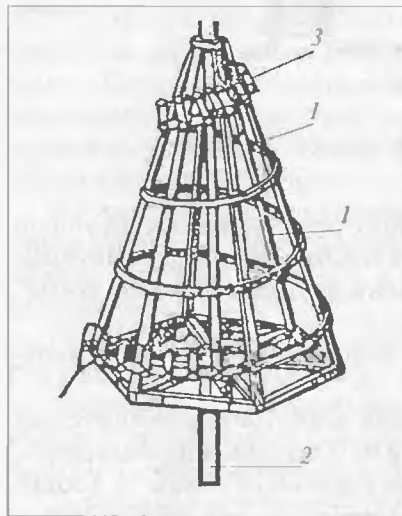


Рис. 10. "Спираль":
1 — каркас; 2 — штатив; 3 — фонтан.

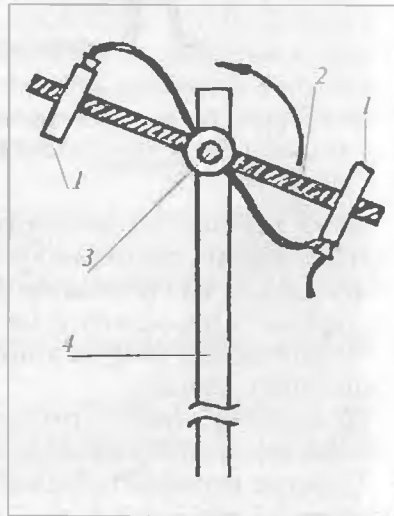


Рис. 11. "Мельница":
1 — форс; 2 — лопасти; 3 — ось вращения; 4 — штатив.

выбранным композициям: "Мозаика" (рис. 8), "Каскад" (рис. 9), "Спираль" (рис. 10).

В сложных неподвижных картинах сочетаются различные пиротехнические изделия на каркасах.

Достаточно часто для проведения пиротехнических шоу используют подвижные фигуры, движущиеся в горизонтальной (вертикальной) плоскости либо одновременно в обеих.

Примером таких фигур служит "Мельница" (рис. 11) — неподвижный штатив с противовесом, на котором вертикально устанавливаются лопасти. Количество лопастей может колебаться от одной до восьми. На лопастях устанавливают форсы таким образом, чтобы их сопла были направлены в противоположные стороны. Зажженные форсы раскручивают лопасти (лопасть). Этот эффект напоминает огненное кольцо.

Возможно устройство на одной лопасти нескольких форсов, расположенных на определенном расстоянии друг от друга таким образом, чтобы сопла были одинаково направлены. Зажженная картина создает эффект нескольких огненных колец, расположенных один в другом.

Достаточно часто применяется "Мельница" двойного вращения. Ее особенность состоит в том, что лопасти располагаются в одной плоскости на оси последовательно, при этом одни вращаются в одну сторону, а другие — противоположную. Причем, чем ближе плоскость к штативу, тем длина плоскостей меньше. Именно это позволяет создать эффект "двойного вращения".

Возможно расположение "Мельниц" разных размеров на одном штативе. Они могут работать одновременно, создавая впечатляющую декорацию, загораясь в разное время.

На штативах располагаются подобные картины и в горизонтальном положении ("Жернова"). "Жернова" подобно "Мельницам" могут иметь несколько параллельных плоскостей вращения.

Сочетание "Мельниц" и "Жерновов" создает картину, где на расположенных горизонтально лопастях находятся форсы, осуществляющие вращение в этой же плоскости. На концах лопастей прикреплены оси, на которых в свою очередь находятся лопасти с форсами, позволяющие вращаться в вертикальной плоскости. Такая фигура называется "Колеса колесницы" (рис. 12).

Как и неподвижные картины, подвижные разделяют на простые и сложные. Принцип их действия аналогичен, т. е. для

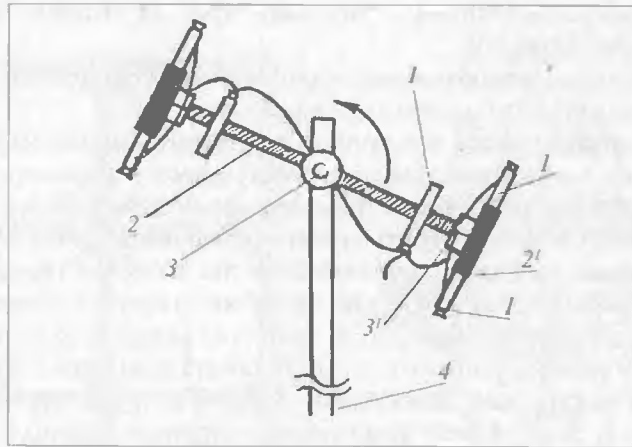


Рис. 12. "Колеса мельницы":

1 — фтор; 2 — лопасть (горизонтальная плоскость);
2' — лопасть (вертикальная плоскость); 3 — горизонтальная ось;
3' — вертикальная ось; 4 — штатив.

простых картин используют одинаковые изделия, для сложных картин — разные.

"Мельницы" и "Круги" являются примером сложных подвижных картин.

Соединение между собой лопастей, находящихся в одной плоскости, и расположение на них фонтанов или контурных свечей позволяет создать вращающийся квадрат, треугольник, круг и т. д. Но при этом название картины не изменится, это будет "Геометрическая мельница". Такого рода соединения целесообразны и эффективны только для картин, вращающихся в вертикальной плоскости.

Перейдем к рассмотрению конструктивных особенностей фейерверочных изделий, применяемых для составления картин.

Шлаги и выстрелы

Предназначены для создания звуковых эффектов за счет взрыва различных количеств пороха в замкнутом пространстве — оболочке. Изделия промышленного изготовления, представляющие собой прочные картонные гильзы разных калибров, наполненные порохом. В зависимости от величины калибра (содержания пороха) изделия имеют различную силу звука.

Марсов огонь

Используется для создания звукового эффекта быстро следующими выстрелами. Представляет ряд последовательно прибитых к доске друг за другом на расстоянии около 20 см изделий промышленного изготовления в картонных корпусах (шлагов). По середине доски проходит общая нить стопина, соединенная отрезками с каждым шлагом. При поджигании нити стопина, и по мере ее сгорания, последовательно загораются отрезки стопина шлагов, производя один за другим выстрелы.

Фигурные свечи

Применяются для создания светового эффекта в сочетании с аналогичными изделиями (отдельно не применяются), служат для составления картин, лозунгов и т. п. Изделия промышленного изготовления, представляющие собой небольшие тонкостенные гильзы, наполненные пламенным составом.

Фигурные свечи бывают разных калибров. Мелкие свечи имеют диаметр 2–4 мм, их устанавливают на расстоянии 3–4 см друг от друга. Крупные — диаметр 6–15 мм, устанавливаются на расстоянии 10–15 см.

Для получения лозунгов или фигур свечи соединяют отрезками стопина, чтобы обеспечить одновременное их зажигание. Свечи, предназначенные для одной фигуры, должны обладать одинаковой продолжительностью горения, что обеспечивается при наличии в свечах разных составов определенным их количеством.

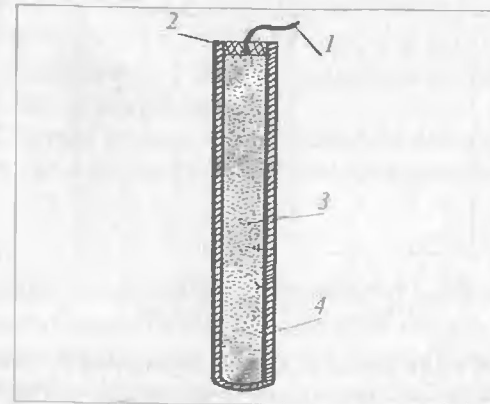


Рис. 13. Фигурная свеча:

1 — стопина; 2 — воспламеняющий состав;
3 — состав цветного огня; 4 — бумажная оболочка.

Фигурная свеча (рис. 13) — тонкостенная гильза, склеенная из писчей бумаги в два-три оборота на крахмальном или декстриновом клее, плотно набитая пламенным составом, создающим при горении цветной огонь.

Равномерность наполнения гильзы составом очень влияет на качество свечи (скорость горения, качество пламени и т. п.). С одной стороны свечи забивается небольшое количество инертного вещества — глины, песка или мела, а с другой пламенный состав покрывается слоем воспламенительного состава и легко воспламеняющейся подмазкой. Воспламенение осуществляется с помощью стопина.

Бенгальские огни

Служат для создания эффекта с помощью цветных пламенных составов. Изделие промышленного изготовления, создающее эффект за счет последовательного сгорания (с разбрасыванием в стороны сверкающих искр без дыма) пиротехнического состава в незапрессованном виде, нанесенного на несгораемую основу (рис. 14).

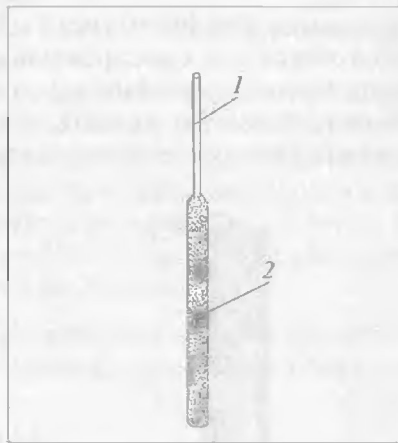


Рис. 14. Бенгальский огонь:
1 — ручка; 2 — пламенный состав.

Применяются для яркого, кратковременного освещения местности. Для более длительного освещения из таких же составов изготавливаются фальшфейеры.

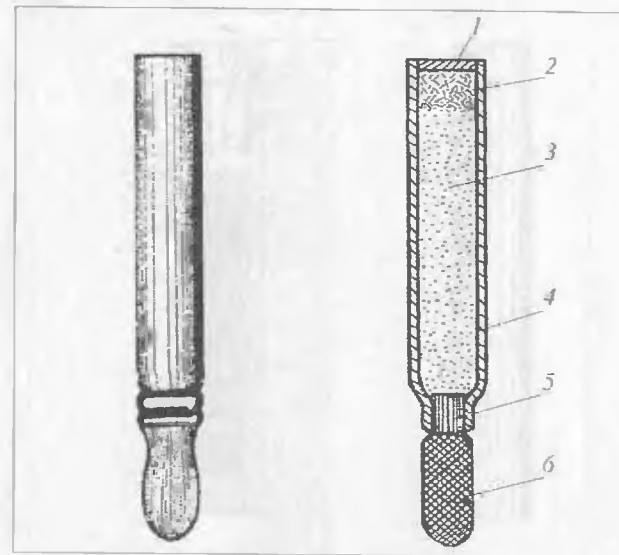


Рис. 15. Фальшфейер:
1 — картонный кружок; 2 — воспламенительный состав; 3 — основной состав; 4 — оболочка; 5 — глина (мел); 6 — ручка.

Фальшфейеры

Используются для подсветки. Изделие промышленного изготовления представляет собой тонкостенную бумажную гильзу, которая набивается медленно горящим составом бенгальского огня (рис. 15). Один конец гильзы заполнен негорючим веществом (глина, мел) на высоту около 2 см. К этому концу прикреплена деревянная ручка, предназначенная для удержания в руках или для крепления.

Верхний конец гильзы фальшфейера снабжен воспламенительным составом и закрыт картонным кружком.

Фонтаны

Для создания одноименных световых эффектов. Изделия промышленного изготовления, корпуса которых — толстостенные картонные гильзы, заполненные быстро горящим динамическим составом. При горении этот состав создает длинную искристую или огненно-искристую ленту, взлетающую вверх и образующую огненный фонтан с рассыпающимися искрами.

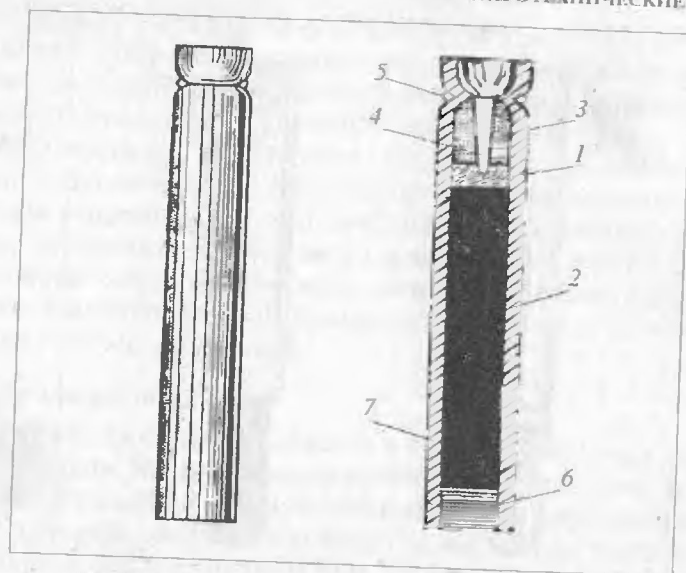


Рис. 16. Фонтан:
1 — подмазка; 2 — динамический состав; 3 — глина; 4 — сопло;
5 — шейка, 6 — пробка; 7 — гильза.

Устройство фонтана показано на рис. 16. Состав помещается в толстостенной картонной гильзе, перетянутой с одного конца, что образует так называемую шейку.

Чтобы во время действия фонтана шейка не прогорела, уменьшив этим эффект, она внутри покрывается негорючим веществом. Для этого в гильзу через шейку вставляется стержень, насыпается немного сырой глины, которая уплотняется вручную или на специальном прессе. Стержень вынимается, образуя в подсохнувшей глине канал (сопло), который не изменяется от воздействия огня.

Затем гильза заполняется составом, свободный конец ее либо затягивается, либо плотно закрывается пробкой. Противоположный конец гильзы с открытой шейкой обмазан зажигательной подмазкой, и к нему для воспламенения присоединяется стопил или бикфордов шнур.

Римские свечи

Применяются для создания светозвуковых эффектов. Изделия промышленного изготовления, представляющие собой длинные толстостенные картонные гильзы, из которых выле-

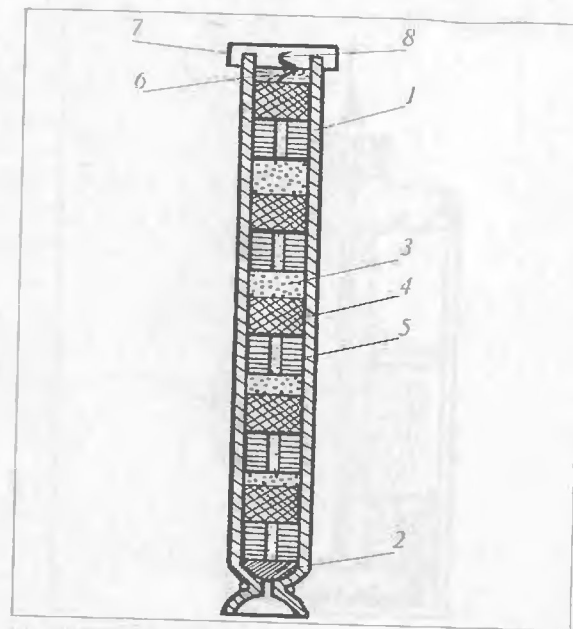


Рис. 17. Римская свеча:
1 — картонная гильза; 2 — слой глины; 3 — пороховой заряд; 4 — искристый состав; 5 — цветная звездка; 6 — подмазка; 7 — картонный кружок; 8 — огнепровод.

тают цветные звездки, сопровождаемые выстрелами, и появляется пламя, с огненными искрами.

Устройство римской свечи показано на рис. 17. В толстостенную картонную гильзу, наглухо закрытую с одного конца слоем глины, помещают пороховой заряд, за ним цветную звездку, имеющую в середине сквозной канал, и после нее в небольшом количестве промежуточный искристый состав, горящий медленно. Затем в той же последовательности эту операцию повторяют несколько раз в зависимости от размеров гильзы. Содержимое гильзы заканчивается искристым составом, на который сверху наносят подмазку. К подмазке присоединяется огнепровод, гильза закрывается бумажным или картонным кружком.

Обычно под верхней звездкой находится наибольший заряд. По мере удаления от конца гильзы заряды уменьшаются, так как более удаленная звездка дольше подвергается действию пороховых газов. Верхняя звездка располагается на расстоянии, равном 2,5-3 калибрам, от верхнего конца гильзы. Вес заряда для

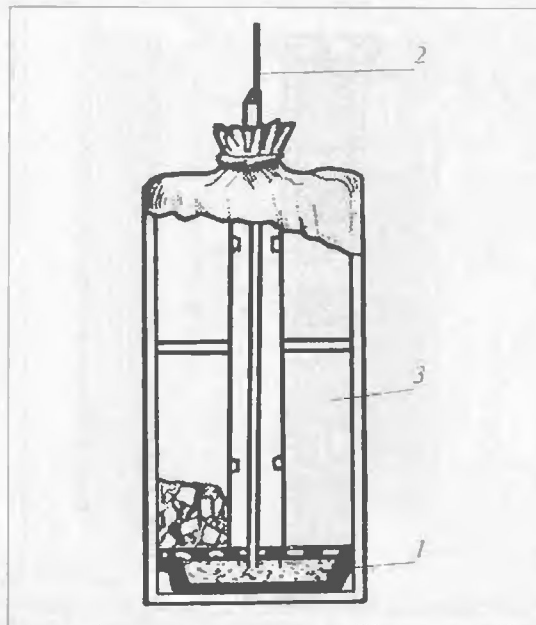


Рис. 18. Бурак:
1 — пороховой заряд; 2 — стопиновый провод;
3 — изделия.

нее равен половине веса этой звездки. Вес искристого состава соответствует весу звездки.

Кроме фейерверочных изделий, горящих в неподвижном состоянии, существуют множество изделий, срабатывание которых происходит в воздухе.

К изделиям, выбрасывающим внутреннее снаряжение при помощи порохового заряда, относятся бураки, люсткутели и др.

Бурак

Предназначен для создания светозвукового эффекта, связанного с мощным взрывом и вылетом снопа искр и огней над поверхностью земли. Изделие промышленного изготовления, представляющее собой толстостенную гильзу, заполненную мелкими пиротехническими изделиями и пороховым зарядом (рис. 18).

Пороховой заряд располагается в донной части гильзы и отделяется от внутреннего снаряжения картонной прокладкой.

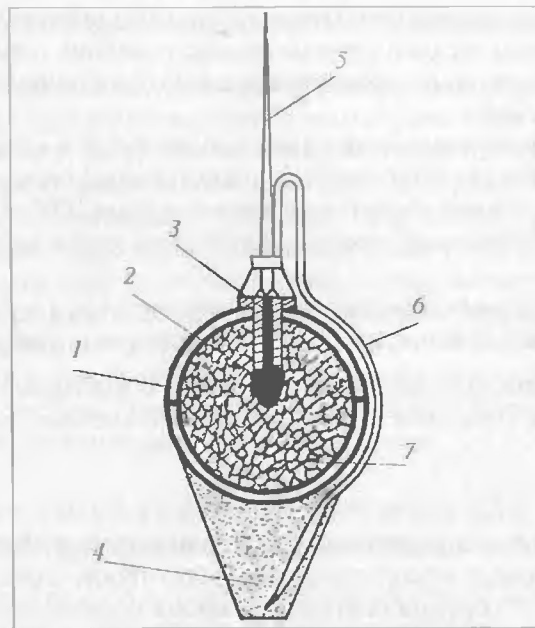


Рис. 19. Люсткутель:
1 — картонная оболочка; 2 — разрывной заряд; 3 — замедлитель; 4 — вышибной заряд; 5 — стопиновый провод; 6 — огнепровод; 7 — звездка.

Заряд соединяется с изделиями, заполняющими бурак, нитями стопина, зажигающими их при взрыве пороха.

Для воспламенения пороха служит стопиновый провод.

Бурак выбрасывает одновременно много горящих изделий — звездок, мелких свечей и т. п., образующих огненный дождь.

Люсткутель

Люсткутель — полый картонный шар, заполненный звездками и снабженный пороховым зарядом. Действием порохового заряда шар выбрасывается в воздух, а благодаря замедлителю разрывается, лишь при достижении высшей точки полета. Во время разрыва шар создает дождь из звездок, горящих цветным огнем.

Устройство люсткутеля показано на рис. 19. В шар, состоящий из двух картонных полушарий, помещен небольшой заряд пороха, служащий для его разрыва. Этот разрывной заряд

соединен с замедлителем отрезком бикфордова шнура. Внутри шара уложены звездки (другие мелкие изделия), пересыпанные пороховой мякотью, обеспечивающей одновременное загорание всех звездок.

Пороховой вышибной заряд помещается в нижней части шара. Заряд и замедлитель соединяют стопиновым огнепроводом для их одновременного воспламенения. От огнепровода отходит стопиновый провод, служащий для воспламенения системы.

Сравнительные характеристики лосткугелей и различные варианты их исполнения приведены в приложении (таблицы 8, 9).

Из изделий, поднимающихся в воздух давлением газов, образующихся горением пиротехнического состава, рассмотрим ракеты.

Ракета

Применяется для светового (светошумового) эффекта на заданной высоте, с использованием реактивной силы, образующейся за счет горения состава. Во время полета она оставляет длинный огненно-искристый след, и достигнув высшей точки подъема, разрывается, создавая дождь из горящих звездок или выстрел, или то и другое вместе.

Фейерверочная ракета — изделие промышленного изготовления, представляющее собой цилиндрический сосуд, заполненный горючим составом, образующим при горении большое количество газов. Через отверстие в одном конце сосуда газы постепенно выходят, а ракета движется в обратном направлении.

Оболочкой для состава служит толстостенная скатанная в несколько оборотов картонная гильза. Она перетягивается с одного конца, образуя *шейку*. Затем ее этой стороной надевают на стержень.

С противоположного конца гильза плотно набивается быстрогорящим динамическим составом. Если гильза будет набита не плотно, огонь проникнет внутрь состава, который сгорит слишком быстро, выделяя сразу так много газов, что гильза не выдержит их давления и разорвется. После заполнения составом гильза снимается со стержня.

В той части гильзы, где находился стержень, внутри слоя состава образуется свободное пространство, называемое *реактивным каналом*. Выше него состав заполняет гильзу глухим сло-

ем. Слой глины предохраняет состав от вышибания во время горения.

Реактивный канал увеличивает поверхность горящего состава в первые мгновения после воспламенения. При этом образуется такое количество газов, которое создает давление, достаточное для подъема ракеты в воздух. Затем горит глухой состав, развивая очень незначительную подъемную силу, и ракета поднимается с замедлением. После сгорания этого состава пламя передается в верхнюю часть ракеты, называемую *шапrikом*, заполненную мелкими изделиями (звездками, свечками с искристым составом и т. п.).

Чтобы в полете ракета не отклонялась в стороны, к ней привязывают особый направляющий деревянный шест — *хвост*. Для воспламенения ракеты служит стопин.

Глава 5. ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В связи с тем, что пиротехнические изделия бытового назначения наиболее широко применяются населением во время проведения различных торжеств, более подробно остановимся на пиротехнической деятельности, связанной с применением их в быту.

5.1. Общая характеристика бытовых пиротехнических изделий

Для того чтобы полнее осветить сферу деятельности, связанную с применением бытовых пиротехнических изделий, обратимся к определяющим ее документам:

- Государственный стандарт Украины ДСТУ 4105–2002 “Изделия пиротехнические бытовые. Общие требования безопасности”;
- “Временные правила оборота на Украине бытовых пиротехнических изделий” (приказ Министерства внутренних дел Украины от 23.12.2003 №1649).

В соответствии с Государственным стандартом Украины ДСТУ 4105–2002, *пиротехнические изделия бытового назначения* — изделия, свободно продаваемые населению, обращение с которыми не требует специальных знаний и навыков. А использование (применение) с соблюдением требований предос-

тавляемой инструкции по применению обеспечивает за границами опасных зон безопасность здоровья и жизни людей, не приводит к порче имущества и нанесению вреда окружающей среде. Они относятся, как правило, к первому классу опасных грузов, согласно ГОСТ 19433-88.

К пиротехническим изделиям бытового назначения относятся:

Пистон — предназначен для создания звукового эффекта, напоминающего выстрел. Изделие промышленного изготовления, упакованное в ленты, листы, ролики или круглые полимерные кольца.

Хлопушка — для создания звукового и визуального эффекта дождя из конфетти. Изделие промышленного изготовления, состоящее из картонного корпуса цилиндрической формы диаметром не более 20–25 мм. В корпус помещают инициирующий элемент натяжного действия, конфетти и пиротехнический состав. Взрыв состава выбрасывает содержимое хлопушки (конфетти).

Шутиха — для создания кратковременного светового (дымового) или светошумового эффекта. Изделие промышленного изготовления, состоящее из картонного (бумажного) или полимерного корпуса без элементов, создающих эффект поражающего действия. Как правило, это прочная гильза, у которой с одной стороны отверстие, а с противоположной стороны — небольшой заряд пиротехнического состава, который по окончании горения производит звук, похожий на выстрел. Самостоятельно в фейерверках не применяется, а служит как швермер для снаряжения ракет, бураков, фугасов.

Трещотка — для создания звукового эффекта, напоминающего стрельбу из автомата. Изделие промышленного изготовления в картонных корпусах, последовательно соединенных с помощью стопина.

Петарда — для имитации взрыва. Изделие промышленного изготовления, состоящее из картонного (бумажного) или полимерного корпуса без дополнительных элементов, создающих эффект поражающего действия. Имеет инициирующий элемент и пиротехнический состав. При срабатывании петарда издаст звук взрыва, разрывая при этом оболочку на мелкие части.

Бенгальский огонь — для создания эффекта с помощью искристого пиротехнического состава. Изделие промышленного

изготовления, создающее эффект за счет последовательного сгорания (с разбрасыванием в стороны сверкающих искр без дыма) пиротехнического состава, нанесенного на металлическую или полимерную несгораемую основу.

Контурная свеча — для создания светового эффекта, в сочетании с аналогичными изделиями создает контурный рисунок или текст. Изделие промышленного изготовления, представляет собой тонкостенную гильзу, дно которой набито на высоту 15–20 мм сухой глиной. Остальная часть набивается медленно горящим пламенным белым или цветным составом. Сверху помещается подмазка. Отдельно свеча не применяется, а служит для составления картин, лозунгов и т. п. при проведении фейерверков.

Фейерверочные установки — для создания приятного светового (светошумового) эффекта, связанного с одновременным или последовательным срабатыванием пусковых каналов. Изделия промышленного изготовления, корпуса которых изготовлены из многослойной бумаги (прессованного картона) или полимеров, имеют один общий инициирующий элемент, один или несколько пусковых каналов, начиненные пиротехническим составом.

Фальшфейер — для подсветки. Изделие промышленного изготовления, представляет собой тонкостенную гильзу, которая набивается медленно горящим составом бенгальского огня. Служит для освещения местности и различных предметов, напоминает фигурную свечу, но только с ручкой. Ручка предназначена для удержания в руках или для крепления.

Фонтан — для создания одноименного светового эффекта. Изделие промышленного изготовления, имеющее корпус конусообразной либо цилиндрической формы, из многослойной бумаги (прессованного картона) или полимеров, инициирующий элемент — стопин и пиротехнический состав. Обладает способностью последовательного горения и выброса светового заряда на высоту до 7 м. Как правило, фонтан состоит из прочной гильзы, набитой быстрогорящим составом. С одного конца гильза имеет пробку с каналом, который служит соплом, а с другого — мощную цельную пробку.

Дукер (водяной фонтан) — для создания светового эффекта на воде. Изделие промышленного изготовления, представляющее собой фигуру, которая плавает в воде и выбрасывает вверх

блестящие искры наподобие фонтана, причём временами погружается целиком в воду, а в конце горения разрывается громким звуком, напоминающим выстрел. Небольшие вышибные заряды, помещенные внутри гильзы, срабатывая попеременно с основным составом, утапливают дукер. Сверху гильзы прикрепляется поплавков для придания дукеру вертикального положения на воде.

Квекарь — для создания эффекта, сочетающего вращательные движения на воде, погружение и всплытие с выделением значительного количества огня и света. Изделие промышленного изготовления, представляющее собой прочную гильзу, набитую быстро горящим составом. С обоих концов гильза плотно закрыта. В одном конце гильзы просверливается отверстие, в другом размещается поплавок. Квекарь, как и дукер, является водяной фигурой, при воспламенении вращается на воде, временно погружаясь, что достигается срабатыванием вышибных зарядов, размещенных попеременно с основным, быстро горящим составом.

Помпфейер (римская свеча) — для создания светового (светозвукового) эффекта, связанного с последовательным выбросом и разливом на определенной высоте звездки. Изделие промышленного изготовления, состоящее из длинной прочной гильзы, наполненной последовательно в несколько слоев вышибным зарядом, звездками и промежуточным медленно горящим составом. Один конец гильзы на высоту 25–30 мм забивается сухой глиной, образующей дно гильзы. При горении происходит ряд выстрелов с выбрасыванием на значительную высоту цветных звездок. При соблюдении правил снаряжения по подбору зарядов состава (каждый последующий меньше предыдущего) срабатывание звездок происходит на одной высоте.

Шнурфейер — для дистанционного поджога объединенных в картину пиротехнических изделий. Изделие промышленного изготовления, представляющее собой ракетный двигатель и зажигательный состав, разделенные глиняной пробкой через отверстие в которой пропущен стопин на пороховой подмазке. К изделию прикрепляется прочная гильза с диаметром канала 10 мм. Этой гильзой шнурфейер надевается на проволоку или на верёвку. Действие его заключается в том, что подожжённое изделие устремляется вперед по проволоке и, дойдя до стойки, к которой прикреплен конец проволоки, останавливается. Ко-

гда состав двигателя ракеты прогорит, огонь через стопин передается к зажигательному составу, который, в свою очередь, поджигает стопиновый привод фигуры. Фактически шнурфейер производит дистанционный поджог, но очень оригинально, т. к. проволока, по которой он движется, не видна.

Ракета — для создания светового (светозвукового) эффекта на заданной высоте, с использованием не вышибного заряда, а создаваемой реактивной силы двигателя. Изделие промышленного изготовления, имеющее картонный или полимерный корпус, стабилизатор (направляющую), пинципирующий элемент (стопин), вышибной заряд пиротехнического состава, осуществляющий реактивную тягу, которая поднимает изделие на высоту более 30 м.

Ракета с направляющей — изделие промышленного изготовления, представляющее собой прочную толстостенную гильзу, набитую быстро горящим составом, являющимся двигателем, и составом с основным эффектом.

Ракета со стабилизатором — изделие промышленного изготовления, устроенное так же, как и ракета с направляющей, но только у неё направление полёта обеспечивают стабилизаторы, укрепленные на гильзе по продольной оси.

Форс — мощный ракетный двигатель, применяемый как самостоятельное пиротехническое изделие для придания движения подвижным фигурам.

Бурак — предназначен для создания светозвукового эффекта, связанного с мощным взрывом и вылетом снопа искр и огня на поверхности земли. Изделие промышленного изготовления, представляющее собой толстостенную гильзу. Гильза одним концом плотно насажена на деревянный (металлический или полимерный) поддон и служит для выбрасывания большого количества звездок. Вышибной заряд помещается на поддон, на который укладываются звездки. Заряд воспламеняясь, производит взрыв. Поджигает звездки, которые, разлетаясь, горят.

Необходимо отметить, что большинство пиротехнических средств, в том числе пиротехнические изделия бытового назначения, представляют собой объекты повышенной опасности. Так как в процессе срабатывания этих изделий реализуются различные виды поражающего действия: фугасное, термическое, осколочное или ударное.

Государственным стандартом Украины ДСТУ 4105-2002 "Изделия пиротехнические бытовые. Общие требования безопасности" в разделе 5 "Классификация изделий пиротехнических бытовых по степени опасности" определено, что по степени потенциальной опасности во время использования пиротехнические изделия бытового назначения делятся на три класса:

1 класс — пиротехнические изделия, у которых среди опасных факторов нет ударной волны и разлета обломков во время взрыва. Значение кинетической энергии движения пиротехнического изделия не более 0,5 Дж, уровня звукового давления на расстоянии 0,25 м от пиротехнического изделия не более 125 Дб, а радиус опасной зоны по другим факторам не превышает 0,5 м;

2 класс — пиротехнические изделия, у которых среди опасных факторов нет ударной волны и разлета обломков во время взрыва. Значение кинетической энергии движения пиротехнического изделия не более 5 Дж, уровня звукового давления на расстоянии 2,5 м от пиротехнического изделия не более 140 Дб, а радиус опасной зоны по другим факторам не превышает 5 м;

3 класс — пиротехнические изделия, у которых среди опасных факторов нет ударной волны и разлета обломков во время взрыва. Значение кинетической энергии движения пиротехнического изделия не более 20 Дж, уровня звукового давления на расстоянии 5 м от пиротехнического изделия не более 140 Дб, а радиус опасной зоны по другим факторам не превышает 20 м.

Свободной продаже населению подлежат пиротехнические изделия только этих классов.

5.2. Перевозка бытовых пиротехнических изделий

Согласно положениям "Временных правил оборота на Украине бытовых пиротехнических изделий" (утверждены приказом МВД Украины от 23.12.2003 №1649 и зарегистрированы Министерством юстиции Украины 01.03.2004 за №263/8862):

1. Перевозка бытовых пиротехнических изделий по территории Украины должна осуществляться в соответствии с требованиями Закона Украины "О перевозке опасных грузов", Правил перевозки опасных грузов на соответствующем виде транспорта (железнодорожном, морском, речном, авиацион-

ном) и автомобильным транспортом в соответствии с требованиями Европейского Соглашения про международную дорожную перевозку опасных грузов и Правил дорожного движения.

Основные положения этих нормативно-правовых документов подробно изложены авторами в пособии "Пиротехника" (часть I).

2. Частные лица имеют право перевозить бытовые пиротехнические изделия на технически исправном автотранспорте, если эти изделия упакованы для розничной торговли и предназначены для их личного использования в быту, на отдыхе или в спорте, в количестве не более 50 кг изделий класса 1.4G и изделий класса 1.4S.

3. **Запрещается** перевозка бытовых пиротехнических изделий 2 и 3 классов опасности городским транспортом.

4. Во время проведения работ с грузами, содержащими бытовые пиротехнические изделия, **запрещается** использование открытого огня, а также курение.

Кроме того, для грузов класса 1 установлены группы совместимости в соответствии с их свойствами и возможностью совместной перевозки.

Группа совместимости опасных грузов — G:

- Пиротехнические вещества. Изделия, содержащие пиротехнические изделия. Изделия, содержащие как взрывчатые вещества, так и осветительные, зажигательные, слезоточивые или дымообразующие вещества (кроме изделий, активируемых водой, изделий, содержащих белый фосфор, фосфиды, легковоспламеняющиеся жидкости или гели) и классифицирующиеся по классам опасности 1.1G, 1.2G, 1.3G и 1.4G (согласно ГОСТ 19433-88 и ДОПНВ).

Группа совместимости опасных грузов — S:

- Вещества или изделия, упакованные или сконструированные так, что при случайном срабатывании любое опасное проявление ограничено самой упаковкой, а если тара разрушена огнем, то эффект взрыва или разбрасывания ограничен, что не препятствует проведению аварийных мер или тушению пожара в непосредственной близости от упаковки, и классифицирующиеся по классам опасности 1.4S (согласно ГОСТ 19433-88 и ДОПНВ).

Также дано определение подклассу опасности 1.4:

К подклассу 1.4 относятся взрывчатые и пиротехнические

вещества и изделия, представляющие незначительную опасность взрыва во время транспортирования только в случае воспламенения или инициирования. Действие взрыва ограничивается упаковкой. Внешний источник инициирования не должен вызывать мгновенного взрыва содержимого упаковки (согласно ГОСТ 19433-88 и ДОПНВ).

Исходя из классификации опасных грузов, согласно ГОСТ 19433-88 необходимо отметить, что в сфере оборота пиротехнических изделий бытового назначения следует пользоваться опасными грузами класса I и подклассов 1.4G и 1.4S, так как требования, указанные в этих подклассах, обеспечивают безопасное применение пиротехнических изделий на территории Украины.

5.3. Организация погрузочно-разгрузочных работ

Требования техники безопасности при проведении работ, связанных с переработкой грузов с пиротехническими изделиями бытового назначения, занимают важное место в деятельности субъекта хозяйствования. Остановимся на наиболее важных из них.

Первое: погрузочно-разгрузочные работы должны проводиться в строгом соответствии с требованиями "Правил пожарной безопасности на Украине", нормативных документов по охране труда, а также ДОПНВ.

Второе: предельно-допустимые нормы поднятия и переноски бытовых пиротехнических изделий устанавливаются инструкциями по видам изделий. Во всех случаях допустимая масса для переноски в заводской упаковке (для мужчин) устанавливается 25 кг. Работы с грузами более 50 кг должны быть механизированы.

Третье: для руководства погрузочно-разгрузочными работами приказом назначается ответственное должностное лицо, прошедшее проверку знаний "Временных правил оборота на Украине бытовых пиротехнических изделий" и других нормативных документов, которые обеспечивают безопасность их проведения.

Четвертое: к месту разгрузки и погрузки допускается только одна машина, подъезд ее к зданию хранилища осуществляется на расстояние не ближе 5 м. Остальные машины, загру-

женные пиротехническими изделиями, во время проведения таких работ должны находиться на удалении не ближе 100 м от хранилища.

Пятое: места разгрузки и погрузки упаковок с пиротехническими изделиями должны быть оборудованы специальными приспособлениями, которые обеспечивают безопасные условия работы, первичными средствами пожаротушения (не менее двух порошковых огнетушителей с массой заряда не менее 5 кг), стационарным или временным освещением.

Шестое: перед началом погрузочно-разгрузочных работ необходимо обеспечить проходы шириной не менее 1,5 м. В зимнее время проходы для разгрузки и погрузки, а также мостики и трапы для предотвращения скольжения должны быть посыпаны песком.

Седьмое: используемые погрузочно-разгрузочные механизмы должны быть в исправном состоянии. При использовании грузоподъемных средств не допускается воздействие электрических и механических искр на транспортируемый груз. Должно быть исключено его взаимодействие со смазочными материалами и рабочими жидкостями гидросистем.

Часть III

ПРОИЗВОДСТВО ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В данном разделе настоящего пособия рассмотрим основные сведения о технологии изготовления пиротехнических изделий.

Производство пиротехнических изделий представляет собой сложный процесс, состоящий из нескольких этапов. Так, А. А. Фрейман в книге “Краткий курс пиротехники” (Киев, 1940) предложил разделить его на следующие фазы:

1. Подготовка компонентов для пиротехнических составов.
2. Приготовление составов.
3. Прессование составов.
4. Подготовка оболочек для объектов и вспомогательные операции.
5. Снаряжение объектов.
6. Контроль готовой продукции.

И с этим нельзя не согласиться, в целом он подошел к решению вопроса изготовления пиротехнических изделий с учетом требований того времени. А потому не нашли отражения вопросы подготовки нормативно-технической и нормативно-правовой базы, требований к безопасной эксплуатации оборудования, экологической безопасности и многое другое.

Авторы предлагают разделить производство пиротехнических изделий на *три этапа*:

I этап — *подготовительный*.

На этом этапе разрабатываются основные критерии безопасного применения пиротехнического изделия:

- сфера применения;
- нормативные документы;
- опасные факторы;
- отношение к тому или иному классу опасности;
- требования к оборудованию, на котором изготавливаются изделия;
- требования к технологическому процессу изготовления составляющих пиротехнического изделия и многое другое.

II этап — *основной*: производство пиротехнического изделия.

III этап — *заключительный*: контроль качества изделия и безопасного его применения.

Основное внимание необходимо обратить на то, что на всех стадиях производства пиротехнических изделий должны быть обеспечены технический контроль всех операций и безопасность работ, как это предусмотрено Государственным стандартом Украины ДСТУ 4105–2002 “Изделия пиротехнические бытовые. Общие требования безопасности” и “Временными правилами оборота на Украине бытовых пиротехнических изделий” (приказ МВД Украины от 23.12.2003 №1649).

Рассмотрим весь комплекс технологического процесса изготовления пиротехнических изделий.

Как отмечалось в предыдущих разделах, составы, применяемые в пиротехнике, являются механическими смесями нескольких компонентов. Чтобы обеспечить требуемый эффект при горении состава, компонент должен иметь определенную степень измельчения, минимальную влажность и быть очищенным от примесей и загрязнений.

Особенно важно требование минимальной влажности компонентов. Влажность замедляет процесс горения состава, вызывает его затухание, понижает температуру горения, так как часть тепла расходуется на переход воды в газообразное состояние. Она может вызвать разложение составов при их хранении.

От степени измельчения компонентов зависит определенная скорость горения состава при определенных условиях и эффект этого горения.

Просеивание обеспечивает однородность размеров зерен вещества.

В каждом отдельном случае экспериментально находят наилучшие условия горения состава, в соответствии с которыми и изготавливают нужные компоненты.

Вначале остановимся на *операциях подготовки компонентов*, входящих в пиротехническое изделие.

Первой из них является сушка.

Наиболее часто подвергаются сушке окислители, горючие и добавки. Все эти компоненты следует сушить в разных помещениях и обязательно в отдельных аппаратах. Иначе можно загрязнить продукты, и, что особенно важно, смешение пыли

горючих с пылью окислителей может привести к воспламенению смеси.

Такие вещества, как нитраты, рекомендуется сушить при температуре 70–80°C, а органические горючие при 50–60°C.

Сушку компонентов производят в различных сушильных аппаратах. Наиболее простое оборудование — сушильный шкаф периодического действия, в котором материал обогревается горячим воздухом. Для этого на полки сушилки устанавливают противни с высушиваемым материалом.

Важным элементом этой операции является ее *контроль*.

Перед отправкой компонента на сушку производится анализ для определения процентного содержания влаги. Во время сушки проверяется температура в сушильной установке, она не должна отклоняться от заданного по технологическому процессу значения. Перед выгрузкой компонента снова производится анализ содержания влаги.

Вторая операция — измельчение.

Измельчение компонентов осуществляется механическим или ручным способом. Наиболее распространенный механический способ. Но иногда для некоторых пиротехнических составов (особенно вспомогательных) требуется незначительное количество какого-либо компонента. В этом случае используют ручной способ. Для измельчения компонентов в малых количествах служат ступы и растирочные столы. Ступы могут быть медными или чугунными с гладкой внутренней поверхностью. Вещество насыпается в ступу небольшими порциями и измельчается пестами. Смолы перед измельчением рекомендуются охлаждать для придания им хрупкости.

Растирочные столы, как правило, изготавливают из дерева. Растирание компонентов производится специальной растиркой.

Для измельчения компонентов в больших количествах применяют шаровые мельницы разных размеров. Главное их преимущество — они тонко измельчают сухие продукты, как это требуется в пиротехническом производстве.

В заключение производится *контроль качества измельчения*. Для этого измельченный материал подвергается ситовому анализу в лаборатории для проверки величины зерен.

Третьей необходимой операцией является просеивание.

Измельченный материал просеивается для получения зерен

вещества приблизительно одинаковой величины ручным или механическим способом. Ручной способ просеивания на сите применяется только в тех случаях, когда имеют дело с небольшим количеством материала.

Сетки для сит изготавливают из шелка, металлических нитей или волоса. Нити, составляющие сетку, находятся на определенном расстоянии друг от друга. Количество отверстий между нитями сетки в одном линейном сантиметре называется *номером сита*.

Как уже отмечалось, выполнение любой операции по подготовке компонентов для пиротехнических составов должно осуществляться под постоянным контролем.

Контроль операции просеивания. При просеивании нужно следить за целостностью сетки. Для контроля качества пробу просеянного материала подвергают ситовому анализу. При этом через сито того же номера, что и на просеивающем аппарате, весь материал должен проходить без остатка.

Теперь перейдем к рассмотрению **процесса приготовления пиротехнических составов.**

В пиротехническом составе большинство различных веществ находится в твердом измельченном состоянии. Основной операцией в процессе приготовления состава является *смешивание компонентов* между собой. Смесь можно считать совершенной, если проба, взятая в любом ее месте, имеет одинаковые свойства и состав. При смешивании происходит перегруппировка мелких частиц веществ. При этом они скользят друг относительно друга, затрудняя получение совершенной смеси. Улучшение процесса смешивания достигается прибавлением к твердым смесям небольшого количества жидкости, что позволяет увеличить прилипание частиц друг к другу, уменьшая их скольжение.

Смешивание компонентов пиротехнического состава — опасная операция, многие составы во время нее могут воспламениться в результате трения, попадания искры, случайного удара и т. п. Поэтому организация технологического процесса приготовления состава должна предусматривать меры обеспечения безопасности.

Смешивание компонентов может производиться как ручным, так и механическим способом.

Ручной способ заключается в перемешивании руками небольших отвешенных порций компонентов смеси. Можно переме-

шивать смесь сухих компонентов или увлажнять их лаком, спиртом, бензином и т. п. При таком увлажнении уменьшается пылеобразование.

Этот способ смешивания имеет ряд недостатков. Важнейшими являются следующие: неравномерность перемешивания отдельных порций; малая производительность труда; опасность работы.

При механическом способе смешивания отдельные порции состава перемешиваются в одинаковой степени, и получается равномерная смесь. Этот способ значительно безопаснее ручного, так как смеситель устанавливается в отдельной кабине, а пусковое приспособление выводится за ее пределы. Это исключает присутствие человека в кабине во время работы смесителя.

Смешивание сухих компонентов производится в смесевых барабанах.

Для увлажненных составов рекомендуются различные смесители, специально приспособленные для пластичных и полусухих веществ.

Контроль операции смешивания. Готовый состав анализируется для определения в нем процентного содержания компонентов. Если данные анализа соответствуют исходному рецепту состава, то смешение произошло хорошо.

Состав, смешиваемый в сухом виде, после смешения обычно направляется на дальнейшие производственные операции. Влажные составы в случае необходимости просушиваются до требуемой степени. Сушка составов производится в специальном помещении и аппаратуре при 30–40°C.

Следующая операция технологического процесса — **прессование**.

Составы прессуют для придания им определенной формы и плотности. Прессование представляет собой процесс, использующий давление для деформации материалов. Для его осуществления служат механизмы, называемые *прессами*. Состав насыпается в специальный прессовочный инструмент и уплотняется давлением пресса на пуансон до требуемого объема. Для прессования пиротехнических изделий применяются механические или гидравлические прессы.

Механические прессы различных конструкций можно применять при изготовлении очень большого количества изделий. Они характеризуются неравномерным движением бойка, гид-

равлические прессы — равномерным. Для эксплуатации более удобны гидравлические, так как они не передают напряжения за пределы конструкции, не требуют особых фундаментов, кроме того, давление можно подавать плавно, что очень важно для прессования чувствительных к удару пиротехнических составов. К их недостаткам следует отнести громоздкость установок и сравнительно малую производительность.

Контроль операции прессования. Необходимо помнить, что во время прессования пиротехнических изделий очень важно точно соблюдать указанное в технологическом процессе давление. Превышение давления может вызвать вспышку состава при прессовании, уменьшение скорости его горения (увеличение плотности) или отказ. При недостаточном давлении получаются непрочные изделия, изделия со слишком большой скоростью горения, иногда с неравномерностью горения и т. п. Величина давления контролируется по манометру.

Готовые запрессованные изделия подвергаются наружному осмотру для выявления трещин и пр. Изделия проверяются также испытанием в действии.

Перед тем как приступить к рассмотрению вопроса о снаряжении пиротехнических объектов, необходимо кратко остановиться на вопросе **испытания пиротехнических составов**.

Эта операция позволяет в дальнейшем безопасно применять пиротехнические изделия в повседневной жизни.

Известно, что пиротехнический состав представляет собой смесь, подготовленную для реакции. Внешнее воздействие теплоты возбуждает взаимодействие соединенных компонентов, и в зависимости от количества тепловой энергии в составе могут возникнуть различные реакции вплоть до воспламенения.

Не менее важным фактором, воздействующим на состав, является влажность. Она изменяет существующие условия сухого состава на условия, наиболее благоприятные для взаимодействия смешанных веществ, создавая самое лучшее соприкосновение их между собой. Со своей стороны, вода, увлажняющая состав, является веществом, вступающим в реакцию с некоторыми из компонентов состава.

Для оценки пиротехнического состава необходимо знать его отношение к различным внешним воздействиям. С этой целью составы подвергаются испытаниям:

- на чувствительность к удару и трению;
- на определение температуры вспышки;
- на воспламеняемость;
- на самовоспламеняемость;
- на гигроскопичность.

Они помогают охарактеризовать состав с точки зрения возможности применения его для практических целей.

Для полной же характеристики состав нужно подвергать еще целому ряду других испытаний, обусловленных не только общими свойствами как взрывчатого вещества, но и его специфическими свойствами как состава динамического, пламенного или дымового и т. п.

Многообразие конструкций пиротехнических изделий не позволяет привести перечень **вспомогательных и подготовительных работ**.

В каждом отдельном случае используются наиболее удобные практические способы и средства.

Большинство изделий имеет картонные или металлические оболочки. Металл для оболочек очищают от ржавчины с помощью керосина, бензина или спирта. Для защиты от коррозии при соприкосновении с составами внутреннюю поверхность покрывают изолирующим лаком. Картонные оболочки изготавливают на картонажных производствах.

К вспомогательным операциям относятся притык тканевых мешочков для пороховых зарядов, катка бумажных трубок для запальных проводов и замеллителей, приготовление тестообразной воспламеняющей подмазки и др.

Предпоследняя операция технологического процесса — **снаряжение объекта**.

Это цикл производственных операций, при которых все детали изделия соединяются, образуя объект, обладающий требуемыми свойствами. В современных производствах процесс снаряжения разделяется на ряд отдельных операций. Каждое пиротехническое изделие имеет свои определенные операции снаряжения, зависящие от его устройства.

Снаряженный объект подвергается **окончательной отделке**. Наружная поверхность изделия покрывается краской, лаком или парафинируется. Во многих случаях производится несколько покрытий: изделия с картонной оболочкой часто окраши-

вают, а затем парафинируют. Окраска является отличительным признаком данного изделия и украшает его, а парафин предохраняет внутреннее снаряжение от влаги. Корпусы снарядов окрашивают, отдельные части их лакируют для защиты от коррозии.

Заклочительная операция технологического процесса изготовления пиротехнических изделий — **контроль готовой продукции**.

Партии готовых изделий тщательно проверяют на соответствие качества, так как некачественная продукция — это повышенная опасность для окружающих и окружающей среды.

Выпуск изделий военной пиротехники с браком может повлечь за собой порчу оружия, из которого производится отстрел, перепутывание сигналов, отказы объектов, опасность в обращении.

Некачественные изделия специального, технического и бытового назначения могут вызвать отказы в срабатывании, опасность при обращении, а во время пуска фейерверка не создать необходимый эффект.

Из каждой партии изготовленных пиротехнических изделий берется определенное количество (8–10%) для проверки качества. Часть их подвергается **испытанию в действии**. Например, если изделие предназначено для отстрела, опытные образцы отстреливают в соответствующих условиях. При этом проверяется продолжительность их действия. Для сигналов — высота подъема в воздухе, различимость с определенных расстояний и др.

Кроме испытания в действии проверяется **правильность изготовления объекта**. Для этого готовое изделие вскрывают и все составные части сверяют с соответствующим технически обоснованным описанием процесса его производства.

Пиротехнические изделия при перевозке могут подвергаться всякого рода механическим воздействиям — встряхиванию, толчкам, ударам и т. п. Чтобы изделие при этом не повредилось, а также во избежание несчастных случаев, воспламенений, взрывов и т. п., оно должно быть хорошо упаковано.

Готовая продукция, кроме проверки **качества упаковки**, подвергается особому **испытанию “тряской”**, в процессе, которого изделия подвергают встряхиваниям и ударам в течение нескольких минут, при этом они не должны воспламеняться. Тряска не должна также нарушать правильности снаряжения и действия

изделий. После окончания испытания тряской изделия осматривают и проверяют в условиях их дальнейшего применения.

Одним из немаловажных факторов выполнения технологического процесса изготовления пиротехнических изделий является неукоснительное соблюдение правил техники безопасности при работе на пиротехнических предприятиях.

Часть IV

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Взять готовые рецепты и изготовить по ним какое-то изделие легче, чем искать новые сочетания химикатов для решения конкретно поставленной задачи. Но чем труднее задача, тем интереснее ее решать и еще большее удовлетворение возникает, когда эта задача решена положительно. Конечно, для этого должны быть все слагаемые: химикаты, инструменты, приспособления, оборудование.

Главное при исследовательской работе в пиротехнике — не увлекаться количеством состава и смеси. При работе с неизвестными химикатами и материалами необходимо принимать все меры предосторожности, чтобы обезопасить себя, людей, помещение, оборудования. При экспериментах надо в обязательном порядке работать за щитком или в защитных очках и перчатках, а в некоторых случаях — надевать противогаз. И опять о количестве: навески экспериментальных составов не должны превышать несколько граммов, особенно если составы химикатов дают чувствительные смеси к механическим воздействиям. В помещении, где проходит не только экспериментальная работа, но даже работа со знакомыми материалами и изделиями, ничего лишнего, не относящегося к данной работе, к данному изделию, не должно быть.

Производство всех пиротехнических работ и всех пиротехнических составов, в принципе, пожароопасно и взрывоопасно. Поэтому на все фазы пиротехнического производства должны распространяться самые строгие меры предосторожности.

1. Особо опасные и опасные операции по изготовлению пиротехнических изделий должны выполняться в специальных помещениях-кабинах без присутствия человека с применением приспособлений и оборудования дистанционным управлением таких операций.

2. Двери и окна этих помещений должны быть оборудованы устройствами, выключающими работу механизмов, то есть исключая нахождение людей в помещениях при работе механизмов на опасных и особо опасных операциях.

3. Технологическое оборудование, применяемое в пиротехническом производстве, должно иметь исполнение, при кото-

ром полностью исключено запыление рабочих мест в помещениях компонентами и составами, а также испарение пожароопасных и взрывоопасных, токсичных и неприятно пахнущих газообразных компонентов.

4. В рабочих помещениях-кабинах обязательно наличие надежной, постоянно действующей приточной и вытяжной вентиляции, способной обеспечить на рабочих местах атмосферу, отвечающую санитарно-техническим нормам, и концентрацию паров, газов и пыли ниже той, при которой возможен взрыв из-за случайного искрообразования. Вентиляционные трубы из разных рабочих помещений-кабин не должны сообщаться друг с другом.

5. Вентиляционное оборудование и коммуникация сточных вод оборудуются уловителями, исключающими загрязнение окружающей среды; вентиляционная система должна быть выполнена в точном соответствии с требованиями техники безопасности, быть легко доступной для очистки и промывки, регулярно промываться и очищаться.

6. Все пиротехническое оборудование не должно иметь острых углов, ребер, чтобы исключить травмирование рабочего-пиротехника при всех операциях на таком оборудовании.

7. Движущиеся части механизмов, особенно подшипники этого оборудования должны быть защищены сальниками от возможного попадания в них составов и компонентов.

8. Материалы, из которых изготовлены контактирующие с составами детали машин, должны быть химически стойкими ко всем компонентам, обрабатываемым в этих машинах.

9. Сочетание трущихся материалов в зонах расположения составов должно полностью исключать возможное искрообразование, сухое трение, крошение рабочих органов и попадание осколков металла и других материалов в составы.

10. Использование в механизмах и машинах в качестве конструктивных материалов дерева любых пород и кожи, контактирующих с составами, недопустимо.

11. Для пожароопасных и взрывоопасных смесей загрузочные и разгрузочные устройства должны иметь дистанционное управление.

12. Ручные органы управления отдельными узлами или деталями оборудования должны приводиться в действие с усилием не более 12 кг.

13. При работе оборудования не должно быть сильного шума (уровень шума более 75 Дб не допускается), при появлении не-

нормального шума оборудование должно быть остановлено, работа прекращена и причины повышенного шума устранены.

14. Все узлы аппаратов, механизмов, машин, соприкасающихся с пиротехническими составами, должны быть изготовлены из цветного металла.

15. Механизмы, аппараты и машины должны быть снабжены автоматическими устройствами, обеспечивающими мгновенную остановку их выключением электродвигателя при резком возрастании потребляемой мощности; для этого рекомендуется устанавливать реле тока; целесообразно применение температурных датчиков, выдающих команду на выключение электродвигателя при возрастании в аппаратах и подшипниках температур, выше допустимых.

16. Приводные механизмы всех машин и аппаратов должны быть смонтированы в герметичной станине, исключающей проникновение внутрь ее пылеобразных продуктов.

17. Всевозможные забоины, задиры, заусеницы, образующие острые кромки, необходимо систематически зачищать, а причины, их вызывающие, устранять.

18. Узлы оборудования, находящиеся в контакте с компонентами составов или составами, должны легко разбираться и очищаться от состава; до проведения любого вида ремонтных работ должна быть составлена дефектная ведомость или сделана соответствующая запись в производственном журнале о замеченных неполадках в работе оборудования. Никакой ремонт оборудования "на ходу", то есть без остановки механизма-аппарата не допустим.

19. Любое оборудование после текущего ремонта принимает специальная комиссия с составлением надлежащего акта или соответствующей записи в производственном журнале.

20. Слежение за исправностью и чистотой спецодежды (комбинезон, костюм хлопчатобумажный, перчатки, рукавицы, респираторы, защитные очки, сапоги и т. д.) при работе с продуктами, которые могут причинить вред здоровью пиротехника после проникновения их в организм человека через дыхательные пути или кожный покров, — первейшая обязанность любого работающего.

21. Все оборудование, имеющее электропривод, должно быть заземлено.

Однако меры безопасности не ограничиваются этим кратким перечнем. В тексте к каждому изделию даются свои рекомендации по мерам безопасности, а иногда и к отдельным химикатам.

ЛИТЕРАТУРА

Закон Украины. О присоединении Украины к Европейскому Соглашению о международной дорожной перевозке опасных грузов. 02.03.2000 №1511-III.

Закон Украины. О перевозке опасных грузов. 06.04.2000 №1644-III.

Постановление КМ Украины от 10.10.2001 №1306. Правила дорожного движения.

Приказ МВД Украины от 23.12.2003 №1649. Об утверждении Временных правил оборота на Украине бытовых пиротехнических изделий.

Приказ МЧС Украины от 19.10.2004 №126. Об утверждении Правил пожарной безопасности на Украине.

ГОСТ В 20313-74. Боеприпасы. Термины и определения.

ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация и маркировка.

ГОСТ Р 51270-99. Изделия пиротехнические. Общие требования безопасности.

ДСТУ 4105-2002. Изделия пиротехнические бытовые. Общие требования безопасности.

СТО 4.3.1-2003. Изделия пиротехнические. Правила безопасности при обращении с пиротехнической продукцией.

Глинка Н. Л. Общая химия: Учебник. — М.: Химия, 1965.

Горст А. Г. Порох и взрывчатые вещества. — М.: ГИОП, 1949.

Гузенко В. В., Михайленко А. В., Шмидт А. Н. Пиротехнические средства: Часть 1.: Пособие. — О.: Маяк, 1977.

Демидов А. Н. Введение в пиротехнику (пиротехнические составы). — М.: ГВИ НКО СССР, 1973.

Клюев А. И. Боеприпасы артиллерии: Учебник. — Л.: Воениздат, 1989.

Костиков А. С., Бабак С. В. Пиротехника. — Х.: Торнадо, 2001.

Костиков А. С., Бабак С. В., Козун С. А., Круговой В. И. Специальная и бытовая потребительская пиротехника: Учебно-методическое пособие. — Х.: Право, 2000.

Мартынов В. В., Стецкевич А. Д., Прозоров А. А., Комиссаров В. П., Семенов А. Ю. Основы криминалистического исследования пиротехнических средств промышленного изготовления: Учебное пособие. — М.: ЭКЦ МВД России, 1996.

Платов Г. А. Пиротехник Искусство изготовления фейерверков. — М.: Книжкин Дом, Эксмо, 2004.

Фатеев В. М., Лапин С. М., Давыдова Е. О. Пиротехника. Часть 1.: Пособие — К.: Пульсары, 2005.

Фрейман А. А. Краткий курс пиротехники. — К.: Оборонгиз, 1940.

Шидловский А. А. Основы пиротехники. — М.: Машиностроение, 1973.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Окислители

№ п/п	Название окислителя	Молекулярный вес	г кислорода выделяется из граммов
1	Перхлорат калия, KClO_4	138,6	2,16
2	Перхлорат бария, $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$	336,3	2,62
3	Хлорат калия, KClO_3	122,6	2,55
4	Хлорат бария, $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$	304,3	3,17
5	Нитрат калия, KNO_3	101,1	2,53
6	Нитрат натрия, NaNO_3	85,0	2,13
7	Нитрат кальция, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	164,1	2,05
8	Нитрат бария, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	261,4	3,27
9	Нитрат стронция, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	211,7	2,65
10	Нитрат свинца, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	331,1	4,13
11	Нитрат тория, $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$	480,0	3,00
12	Перманганат калия, KMnO_4	158,8	3,95
13	Хромат калия, K_2CrO_4	194,5	8,09
14	Хромат свинца, PbCrO_4	323,2	13,47
15	Бихромат калия, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	294,0	6,12
16	Перекись бария, BaO_2	169,4	10,59
17	Двуокись свинца, PbO_2	239,2	14,95
18	Двуокись марганца, MnO_2	86,9	5,44
19	Окись меди, CuO	79,6	5,00
20	Свинцовый сурик, Pb_3O_4	685,6	42,85
21	Железный сурик, Fe_2O_3	231,5	14,47

Таблица 2

Горючие вещества

№ п/п	Название горючего вещества	Молекулярный вес	г кислорода сжигает вещества, (г)		
			до CO	до CO_2	до продуктов полного окисления
1	Уголь древесный, C	12,00	0,75	0,38	—
2	Сера, S	32,07	—	—	1,00
3	Магний, Mg	24,32	—	—	1,52
4	Алюминий, Al	26,97	—	—	1,12
5	Цинк, Zn	65,38	—	—	4,09
6	Железо, Fe	55,84	—	—	2,33
7	Сурьма, Sb	121,76	—	—	5,07
8	Антимонит, Sb_2S_3	339,80	—	—	2,36
9	Полусернистая медь, Cu_2S	159,21	—	—	2,50
10	Сернистая медь, CuS	96,00	—	—	2,00
11	Крахмал, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$	162,00	1,69	0,85	—
12	Сахар, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	342,18	1,75	0,89	—
13	Шеллак, $\text{C}_{16}\text{H}_{24}\text{O}_5$	296,20	0,80	0,47	—
14	Идитол, $\text{C}_{48}\text{H}_{47}\text{O}_7$	735,40	0,68	0,40	—
15	Капифоль, $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$	302,20	0,57	0,36	—
16	Олифа, $\text{C}_{16}\text{H}_{26}\text{O}_2$	250,20	0,58	0,36	—
17	Парафин, $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	226,30	0,43	0,29	—
18	Оксалат натрия, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	134,00	—	8,37	—
19	Оксалат стронция, SrC_2O_4	175,63	—	10,98	—
20	Оксалат бария, BaC_2O_4	225,4	—	14,09	—
21	Оксалат меди, CuC_2O_4	151,60	—	9,48	—
22	Пикрат аммония $\text{C}_6\text{H}_5(\text{NO}_2)_3\text{ONH}_4$	246,10	7,69	1,92	—
23	Нафталин, C_{10}H_8	128,06	0,57	0,33	—
24	Антрацен, $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	178,08	0,58	0,34	—

Таблица 3

Основные смеси

№ п/п	Состав смеси	Процентное содержание	Скорость сгорания состава в трубочке длиной 50 мм (сек.)	Цвет пламени
1	Нитрат калия Уголь	87,0 13,0	26	Белый
2	Нитрат калия Уголь	81,0 19,0	24	Белый
3	Нитрат калия Магний	63,0 37,0	Вспышка	Ярко-белый
4	Нитрат калия Алюминий	70,0 30,0	Вспышка	Ярко-белый
5	Нитрат калия Сурьма металлическая	46,0 54,0	Почти не горит	Белый с сизеватым оттенком
6	Нитрат калия Антимонит	52,0 48,0	40	Белый с голубоватым оттенком
7	Нитрат калия Парафин	90,0 10,0	Едва горит	Белый
8	Нитрат калия Сахар	72,0 28,0	Тлеет	—
9	Нитрат калия Шеллак	80,0 20,0	40	Белый
10	Нитрат калия Канифоль	85,0 15,0	Слабо тлеет	—
11	Нитрат калия Идиол	87,0 13,0	36	Белый
12	Нитрат натрия Уголь	78,0 22,0	46	Ярко-желтый
13	Нитрат натрия Магний	59,0 41,0	Вспышка	Ярко-белый с желтым оттенком
14	Нитрат натрия Шеллак	78,0 22,0	56	Ярко-желтый
15	Нитрат натрия Канифоль	82,0 18,0	Слабо тлеет	—
16	Нитрат натрия Сахар	60,0 40,0	110	Тускло-желтый
17	Нитрат бария Уголь древесный	84,0 16,0	Слабо горит	Светло-зеленый
18	Нитрат бария Магний	69,0 31,0	Вспышка	Ярко-белый
19	Нитрат бария Шеллак	84,0 16,0	60	Светло-зеленый

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Состав смеси	Процентное содержание	Скорость сгорания состава в трубочке длиной 50 мм (сек.)	Цвет пламени
20	Нитрат бария Идиол	90,0 10,0	56	Светло-зеленый
21	Нитрат бария Канифоль	87,0 13,0	Слабо тлеет	—
22	Нитрат бария Алюминий	74,0 26,0	Вспышка	Ярко-белый
23	Нитрат бария Сахар	70,0 30,0	Почти не горит	—
24	Нитрат бария Пикрат аммония	51,0 49,0	54	Бледно-зеленый
25	Нитрат стронция Уголь древесный	81,0 19,0	Горит очень слабо	Ярко-красный
26	Нитрат стронция Магний	64,0 36,0	Вспышка	Ярко-белый
27	Нитрат стронция Алюминий	70,0 30,0	Вспышка	Ярко-белый
28	Нитрат стронция Шеллак	81,0 19,0	66	Красный
29	Нитрат стронция Идиол	88,0 12,0	60	Светло-красный
30	Нитрат стронция Канифоль	85,0 15,0	Слабо тлеет	—
31	Нитрат стронция Сахар	65,0 35,0	Почти не горит	Красный
32	Нитрат стронция Пикрат аммония	46,0 54,0	64	Ярко-красный
33	Хлорат калия Сера	72,0 28,0	20	Сиреневый
34	Хлорат калия Уголь древесный	77,0 23,0	8	Белый
35	Хлорат калия Магний	63,0 37,0	Вспышка	Ярко-белый
36	Хлорат калия Антимонит	52,0 48,0	Вспышка	Белый
37	Хлорат калия Сернистая медь	56,0 44,0	30	Синий
38	Хлорат калия Шеллак	77,0 23,0	48	Белый
39	Хлорат калия Канифоль	82,0 18,0	56	Ярко-белый
40	Хлорат калия Парафин	90,0 10,0	56	Белый
41	Хлорат калия Сахар	77,0 23,0	20	Тускло-белый

Реактивные пиротехнические патроны

Наименование патрона	Длина патрона, мм	Масса, г		Высота полета звезд, м	Длина звезд патрона, м	Время, сек.			Примечание
		патрона	ракеты			работы двигателя	замедления	горения основного состава	
30-мм реактивный осветительный с одной звездой, стартер образца	220	186	—	200-250	350*	4	—	9	—
30-мм реактивный осветительный с двумя звездами, стартер образца	220	—	—	200	350*	4	—	9	—
30-мм реактивный сигнальный осветительный, стартер образца	220	170	—	200-250	350*	4	—	9	—
30-мм реактивный сигнальный осветительный, стартер образца	220	184	—	200-250	350*	4	—	9	—
30-мм реактивный осветительный, увеличенной дальности	220	186	—	200-250	500*	>4	—	—	—
30-мм реактивный осветительный	220	170	87	200-250	350*	4	—	9	—
30-мм многозвездный сигнальный	220	180	103-107	>150	350*	3	—	9 (звезды стр. отп.); 7 (звезды стр. отп.)	—
30-мм реактивный сигнальный осветительный, увеличенной дальности	230	195	104	200-250	350*	3	—	>80	—
30-мм реактивный осветительный осветительный (сигнальный)	140	150	101	>150	>200	4	—	>9	—
30-мм реактивный осветительный осветительный (сигнальный)	140	150	101	350	>350	4	—	>6	—
40-мм реактивный осветительный осветительный, увеличенной дальности	210	390	270	400	>400	4,5	—	20	Парашютный
40-мм реактивный осветительный осветительный, увеличенной дальности	210	385-400	265-280	250-400	>400	4,5	—	40	—
40-мм реактивный осветительный осветительный (сигнальный)	210	385-415	270-300	250-400	>400	4,5	—	40	Без парашюта

Продолжение таблицы 4

Наименование патрона	Длина патрона, мм	Масса, г		Высота полета звезд, м	Длина звезд патрона, м	Время, сек.			Примечание
		патрона	ракеты			работы двигателя	замедления	горения основного состава	
40-мм реактивный осветительный осветительный осветительный (сигнальный)	212	370	—	400	>400	4,5	—	20	Парашютный
Ракета сигнальная осветительная (РОПУД)	210	400	270	250-400	>400	—	—	—	Парашютная
Ракета сигнальная осветительная (РБ-40П)	210	400	315	250-400	>400	—	—	—	Без парашюта
Ракета сигнальная осветительная (РБ-40С)	206	395	318	>200	400	4,5	—	—	—
Ракета сигнальная осветительная (РБ-40П)	206	350	270	>200	400	4,5	—	Мгновенно	—
Сигнал химической трещины СХ Г-40	265	450	325	>200	400	4,5	—	Световой сигнал-5; звуковой сигнал-8	Содержит в конструкции 5 сигнальных звездок и 1 звуковую
50-мм реактивный осветительный осветительный осветительный (сигнальный)	287	800	631	200-250	800, 1200	7-15	—	27	—
Зажигательный осветительный	287	750	582	560	До 600	Не более 7,5	5,3	90-200**	С ручным броском
Зажигательный осветительный осветительный (сигнальный)	265	730	582	До 560	Не менее 300	Не более 7,5	3-5	60-90**	—

* Угол отстрела 45°.

** Время горения основного состава с диаметром сопла.

Наименование пиротехнического элемента	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, г	Качественный состав пиротехнического элемента
1. Пиротехнические патроны с огнемедленным способом срабатывания				
1.1. 15-мм сигнальный				
Звездка красного огня, основной состав	14	16	5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка зеленого огня, основной состав	14	16	5	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка желтого огня, основной состав	14	16	5	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; криолит; SrCO_3 ; смола СФ-0112А
1.2. 26-мм осветительный				
Осветительная звезда, основной состав; осветительный огонь 1	—	—	23	МПФ-3; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; асфацит; трикремнидфторит
осветительный огонь 2	—	—	—	МПФ-2; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; KNO ₃ ; фторгалс-4; кальций сернокислый; двуххлорид; порошок KC-50
1.3. 26-мм сигнальный пчонного действия				
Звездка красного огня, основной состав	—	—	18	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; Mg (перлорок); текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка зеленого огня, основной состав	—	—	—	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка желтого огня, основной состав	—	—	22	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-2; криолит; марки КА; смола СФ-0112А; SrCO_3
1.4. Сигнальные к охотничьи мушкетеры				
1.4.1. Сигнальный 12 калибра				
Звездка красного огня, основной состав	14,8	20,0	5,52	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка зеленого огня, основной состав	14,8	20,0	5,52	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка желтого огня, основной состав	14,8	20,0	5,52	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; криолит; SrCO_3 ; смола СФ-0112А
1.4.2. Сигнальный 16 калибра				
Звездка красного огня, основной состав	14,8	20,0	5,52	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка зеленого огня, основной состав	14,8	20,0	5,52	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка желтого огня, основной состав	14,8	20,0	5,52	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; криолит; SrCO_3 ; смола СФ-0112А
1.4.3. 15-мм сигнальный охотничий				
Звездка красного огня, основной состав	14	16	5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка зеленого огня, основной состав	14	16	5	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка желтого огня, основной состав	14	16	5	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; криолит; SrCO_3 ; смола СФ-0112А
1.6. Зонтичные				
Пороховой заряд к ЗП-1	—	—	1,1	Порох охотничий бездымный "Соког"
Пороховой заряд к ЗП-2	—	—	2,1	То же
1.7. Ночной зонтичный				
Пороховой заряд	—	—	2,2	Порох охотничий бездымный "Соког"
Звездка, основной состав	11,85	17,0	4,0	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Состав окислителя желтого	—	—	0,38	Перекись бария; поливинилпирролидон; селитра калийная; барий перхлорат; порошок МПФ-4; смола СФ-0112А-50

Продолжение таблицы 5

Наименование пиротехнического элемента	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, г	Качественный состав пиротехнического элемента
2. Реактивные сигнальные и осветительные патроны				
2.1. 30-мм осветительный сигнальный				
Звездка красного огня, основной состав	25	62	43	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; текалорбензол; смола СФ-340
Звездка зеленого огня, основной состав	25	52	43	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; текалорбензол; смола СФ-340
2.2. 30-мм осветительный сигнальный (три звезды)				
Звездка красного огня, основной состав	24,65	23,0	17,7х3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка зеленого огня, основной состав	24,65	23,0	19,2х3	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
2.3. 30-мм реактивный сигнальный с дефицитом действия красной и синей звезд				
Звездка красного огня, основной состав	24,6	10,0	5,2х5	Жиростойкий краситель С; бертелетон; фтор; дицианамид; палец ТМК-27; смола СФ-0112А
Звездка синего огня, основной состав	24,6	10,0	5,2х5	Сульфид натрия; бертелетон; соль; дицианамид; палец ТМК-27; смола СФ-0112А
2.4. 30-мм реактивный осветительный с дефицитом действия синего и зеленого				
Звездка красного огня, основной состав	24	52	43	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; текалорбензол; смола СФ-340А
Звездка зеленого огня, основной состав	24	52	43	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; текалорбензол; смола СФ-340А
2.5. 30-мм реактивный осветительный с дефицитом действия синего и зеленого				
Звездка красного огня, основной состав	24	52	24	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; смола СФ-340А
Звездка зеленого огня, основной состав	24	52	24	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; смола СФ-340А
2.6. 30-мм реактивный осветительный с дефицитом действия синего и зеленого				
Звездка красного огня, основной состав	24	52	24	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; смола СФ-340А
Звездка зеленого огня, основной состав	24	52	24	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; смола СФ-340А
2.7. 40-мм реактивный осветительный с дефицитом действия синего и зеленого				
Звездка красного огня, основной состав	31,4	62	79	Патрон осветительный; порошок МПФ-1; криолит; основной состав А; масло индустриальное И-12А
2.8. 40-мм реактивный осветительный с дефицитом действия синего и зеленого				
Звездка красного огня, основной состав	—	—	60	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; МПФ-4; поливинилпиррол; резина; кальций; масло индустриальное И-12А
Звездка зеленого огня, основной состав	—	—	58	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка желтого огня, основной состав	—	—	66	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-2; криолит; смола СФ-0112А; SrCO_3
Звездка белого огня, основной состав	—	—	75	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок алюминия; мыль; основного состава ПАМ-3; порошок МПФ-2; селитра калийная; кальций; основной состав А и Б; масло индустриальное И-12А
2.9. 40-мм реактивный осветительный с дефицитом действия синего и зеленого				
Звездка красного огня, основной состав	—	—	71*	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-0112А
Звездка зеленого огня, основной состав	—	—	92*	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; текалорбензол; смола СФ-340А
Звездка желтого огня, основной состав	—	—	98*	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-2; криолит; смола СФ-0112А; SrCO_3
Звездка белого огня, основной состав	—	—	98*	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-1; МПФ-2; МПФ-3; смола СФ-340А; селитра калийная

Наименование пиротехнического элемента	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, г	Качественный состав пиротехнического элемента
2.10. Ракета сигнальная бездымная шлюпочная РБ-40П				
Звезда красного огня, основной состав	—	—	56	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; поливинилхлорид; тротил; калийный оксихлорид; масло индустриальное И-12А
2.11. Ракета сигнальная бездымная судовая РБ-10С				
Звезда красного огня, основной состав	—	—	40	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; поливинилхлорид; раствор СФ-340А-40
2.12. Ракета бездымная мореходная ГРБ-40				
Звезда красного огня, основной состав	30	70	99,5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-2; поливинилхлорид; каинифоль марки А
2.13. Звучковая ракетка бездымная ЗРБ-40				
Звучковая пшечка, основной состав	33,8	80	100	Тротил; гексахлоратан
2.14. Сигнал химической тревоги СХТ-40				
Звездка звуковая	28,5	63	62	Калий хлорокислый; селитра калийная; калий бегонийхлорид; смола СФ-0112А
Звездка сит пальная красного огня, основной состав	28	14	18,5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; поливинилхлорид; раствор СФ-0112А
2.15. 40-мм реактивный осветительный увеличенный элемент в пластмассовой гильзе (РОИУД)				
Звездка осветительная, основной состав	—	—	~80	NaNO_3 ; порошок МПФ-1; каинифоль, основная
2.16. 50-мм реактивный осветительный элементного действия (РОПД)				
Звездка осветительная, основной состав	38,8	80	154	NaNO_3 ; порошок МПФ-1; каинифоль, основная; масло индустриальное И-12А
2.17. Ракета бездымная судовая РБ-50С				
Звездка красного огня, основной состав	—	—	112	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; порошок МПФ-3; поливинилхлорид; эфир калийный оксихлорид; масло индустриальное И-12А
2.18. Звучковой сигнал бездымный П-2				
Звездка звуковая: 1-я модификация 2-я модификация 3-я модификация	— — —	— — —	150 — —	KClO_4 ; пудра алюминевая Тротил; гексахлоратан Тротил; хлористый аммоний

* Суммарная масса таблеток.

Наименование пиротехнического элемента	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса, г	Качественный состав пиротехнического элемента
3. Реактивные зажигательно-дымовые патроны				
3.1. Зажигательно-дымовой (ЗДП)				
Таблетка 1 дымового состава	33,4	80	145	Гексахлоратан; окись цинка; порошок алюминевый ПА-4; раствор СКФ-32-25
Таблетка 2 дымового состава	33,4	80	144	Гексахлоратан; окись цинка; порошок алюминевый ПА-4; раствор СКФ-32-25; дымный ружейный порошок ДРП-3
3.2. Зажигательно-дымовой с ручным броском				
Таблетка 1 дымового состава	33,4	82	118	Дымный ружейный порошок ДРП-3 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; порошок титан; смола СФ-342А; пигменты в виде лака; графит "П" Фосфор кристаллический; селитра калийная; порошок МПФ-4; раствор СКФ-32-25; лак бакелитовый ЛБС-1 Фосфор красный технический; раствор СКФ-32-35; порошок А1-Mg; фтороцелест То же
Таблетка 2 дымового состава	33,4	82	118	То же
4. Имитационные патроны и взрывпакеты				
4.1. Взрывпакет палубный				
Взрывной заряд	—	—	40	Селитра калийная; порошок магниевый; криолит
4.2. Взрывпакет для отсека и палубы				
Взрывной заряд	—	—	60	Селитра калийная; порошок магниевый; криолит
4.3. Взрывпакет для отсека вместимостью не менее 40 м³				
Взрывной заряд	—	—	25	Селитра калийная; порошок магниевый; криолит
4.4. Имитационный патрон ИМ-45М				
Шашка верхняя	80	68	479	Тротил; хлористый аммоний (нашатырь); графит
Шашка нижняя	80	61	433	То же
4.5. Имитационный патрон ИМ-100М				
Шашка верхняя	80	68	479	Тротил; хлористый аммоний (нашатырь); графит
Шашка нижняя	80	78	533	То же

Наименование пиротехнического элемента	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, г	Качественный состав пиротехнического элемента
5. Изделия спецтехники				
5.1. Светозвуковой патрон "Кассета-СП" к 26-мм сигнальным пистолетам СП-81, СПШ-26				
Светозвуковой заряд	—	—	18	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
Метательный заряд 26-мм патрона	—	—	1,2-1,5	Дымный ружейный порох
5.2. Заряд 26-С к изделиям "Кассета-СТ", "Кассета-КГ"				
Светозвуковой заряд	—	—	18	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
5.3. Изделие "Кассета-СТ"				
Заряд 26 С, светозвуковой состав	—	—	18х6	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
Центральный разрывной заряд	—	—	35	Дымный ружейный порох ДРГ-3
5.4. Изделие "Факел"				
Светозвуковой заряд	—	—	16х6	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
Вышибной заряд	—	—	1,6х6	Дымный ружейный порох ДРГ-2 или ДРГ-3
5.5. Изделие "Факел-салют"				
Светозвуковой заряд	—	—	16	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
Вышибной заряд	—	—	—	Дымный ружейный порох ДРГ-2 или ДРГ-3
5.6. Граната светозвуковая "Заря"				
Светозвуковой заряд	—	—	110	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
5.7. Граната светозвуковая "Заря-М"				
Светозвуковой заряд	—	—	110	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
5.8. Граната светозвуковая "Заря-2"				
Светозвуковой заряд	—	—	110	Перхлорат калия; пудра алюминияевая
5.9. Изделие "Пламя"				
Светозвуковой заряд	—	—	150	Перхлорат калия; пудра алюминияевая

Характеристики имитационных патронов и взрывпакетов

Таблица 6

Наименование имитационного средства	Длина, мм	Диаметр, мм	Масса, г		Радиус безопасного удаления при взрыве, м	Средство прицепления и действие
			имитационного средства	пиротехнического состава		
Взрывпакет пистолетный	71	34,2	60	40	2-3	2 электроосветлителя МБ-211 Электроосветлитель (сертификат 3-92176)
Взрывпакет для отскаки и пистолет	50	61,2	120	60	2-3	
Взрывпакет для отскаки и пистолетно не менее 40 м	50	34,2	45	25	2-3	Электроосветлитель МБ-2Н
Имитационный патрон ИМ-КСМ	140	85	101,2	94,2	Не менее 50	Электроосветлитель ЭДП То же
Имитационный патрон ИМ-100М	175	85	113,7	103,2	То же	

Таблица 7

Характеристики средств спецтехники

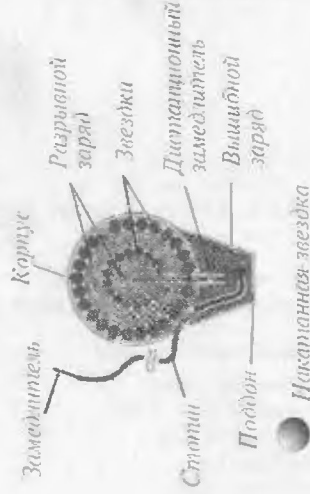
Наименование спецсредства	Длина, мм	Диаметр, мм	Масса, г		Условно-безопасное расстояние при срабатывании, м	Средство прицепления и действие
			спецсредства	светозвукового состава		
Светозвуковой заряд "Кассета-СП" к 26-мм сигнальным пистолетам СП-81, СПШ-26 "Кассета"	60	23,6	30	18	2	Кашолю-детонатор ЗКД-6
"Заря"	168	79	500	18х6	2	Электроосветлитель Теронный кашолю-воспламенитель КВ-57, КВ-625, замедлитель детонатор
"Заря-М"	130	70	180	110	2,5	То же
"Заря-2"	107	64	170	110	2,5	Кашолю-детонатор ЗКД-6
"Пламя"	120	64	175	150	2,5	МБ-211 или МБ-5
"Факел"	920 (175 без пистолетного механизма)	80	500	16х6	2	Кашолю-детонатор ЗКД-6
"Факел-салют"	107	34	18	16	2	То же



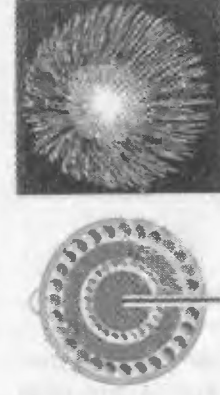
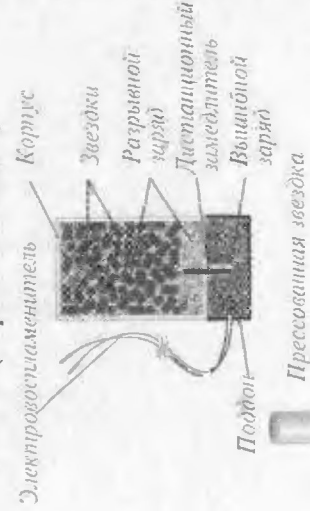
Диаметр шара	75мм	100мм	125мм	150мм	175мм	200мм	250мм	300мм	400мм	600мм	900мм
Вес шара	0,2кг	0,4кг	0,8кг	1,3кг	2,0кг	3,0кг	4,8кг	11,0кг	27,0кг	70,0кг	280,0кг
Время от запуска до срабатывания в сек.	2,4	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0	4,8	5,4	6,6	10,0	12,0

Таблица 9
Таблица устройств лосткугелей

Сферический лосткугель (Азиатский стиль)



Цилиндрический лосткугель (Европейский стиль)



Лосткугель, заряженный звездами



Лосткугель, заряженный лосткугелями



Лосткугель, заряженный шмерами

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Часть I	
УСТРОЙСТВО ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	5
Глава 1. Корпус	5
Глава 2. Пиротехнические составы	8
Глава 3. Средства инициирования	56
Глава 4. Дополнительные (вспомогательные) элементы	65
Часть II	
ВИДЫ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	67
Глава 1. Классификация пиротехнических изделий	67
Глава 2. Пиротехнические изделия военного назначения	70
Глава 3. Пиротехнические изделия специального назначения ..	82
Глава 4. Пиротехнические изделия технического назначения ...	93
Глава 5. Пиротехнические изделия бытового назначения	109
Часть III	
ПРОИЗВОДСТВО ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	118
Часть IV	
МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ	127
ЛИТЕРАТУРА	130
ПРИЛОЖЕНИЯ	132

Навчальне видання

ФАТЕЄВ Валерій Михайлович,
ЛАПІН Сергій Михайлович,
ДАВИДОВА Олена Орестівна

ПІРОТЕХНІКА

Посібник

Друга частина

Піротехнічні вироби

Редактор С. Пушко
Технічний редактор Т. Мацапура
Художнє оформлення
та макет В. Кушніренка
Комп'ютерна верстка
Ю. Конаш
Коректор Л. Філіпенко
Надгукні роботи виконали:
О. Гитишук, Я. Палака

Підписано до друку 16.06.2005.

Формат 60х84 ¹/₁₆. Гарнітура Таймс.

Панір офсетний безкислотний. Умови друк. арк. 8,60.
Обл.-вид. арк. 8,01. Тираж 200 пр. Зам. 05-38.

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавництва серія ДК №585 від 5.09.2001 р.

Університетське видавництво "Пulsарі".

Адреса видавництва та друкарні:
04071, Київ-71, вул. Межигірська, 7/16а.
Тел. (044) 425-12-75, 425-04-88
e-mail: mail@pulsary.com.ua
http: // www.pulsary.com.ua

Фатеев В. М.

Пиротехника: Посobie / В. М. Фатеев, С. М. Лапин, Е. О. Давыдова. – К.: Унів. вид-во "Пульсари", 2005. Ч. 2. Пиротехнічніe издeлeнiя. — 148 с. Библиогр.: с. 130–131.

ISBN 966-8767-10-1

У посібнику коротко викладено теорію піротехніки, описано сировину і допоміжні матеріали, а також наведено основи побудови, дії та технології виготовлення піротехнічних засобів.

Для слухачів і викладачів навчальних закладів МВС України, співробітників органів внутрішніх справ, а також фахівців у галузі реалізації та експлуатації піротехнічних виробів.

ББК 35.63я7

ISBN 966-8767-10-1



9 789668 767104