

УДК 662
ББК 35.63
П 33

Составитель серии *Л. Делла-Росса*

Оформление серии *Г. Калашников*

Серия основана в 2004 году

Платов Г. А.
П 33

Пиротехник. Искусство изготовления фейерверков. —
М.: Изд-во Книжкин Дом, Изд-во Эксмо, 2004. — 320 с. —
(Экспресс-курс).

ISBN 5-699-08586-6

Пиротехника как искусство начала зарождаться в те времена, когда, замирая от ужаса и восхищения, древние люди смотрели на искры, летящие из костра. В современном мире огонь не утратил своего очарования. Любой из нас любовался зрелищем фейерверка или салюта, однако такое чудо, к сожалению, не происходит ежедневно. Конечно, мы могли бы устроить фейерверк к какому-либо торжеству самостоятельно, приобрести уже готовые изделия, но то, что предлагают нам продавцы, во-первых, дорого, а во-вторых, далеко не безопасно.

Мы предлагаем вниманию читателей уникальную книгу, в которой собраны поистине бесценные технологии и рецептуры изготовления пиротехнических средств, начиная от простых бенгальских огней и заканчивая разноцветными салютами и фейерверками. Самое удивительное, что ВСЕ, о чем рассказано в книге, можно изготовить своими руками, без всякого вреда для здоровья (при условии соблюдения правил техники безопасности!) и из компонентов, которые легко можно приобрести в магазинах или аптеках.

УДК 662
ББК 35.63

ISBN 5-699-08586-6

© Платов Г. А., 2004
© Обложка. Калинченко Ю., 2004
© Оригинал-макет.
ООО «Издательство «Книжкин Дом», 2004
© Издание. ООО «Издательство «Эксмо», 2004

Часть первая

Об авторе

Родился в 1934 году. С 1950 года работал на киностудии «Мосфильм», в оружейно-пиротехническом цехе с 1957 по 2001 год — год ухода на отдых. С 1996 года — заместитель начальника цеха, технорук. С 1999 года — технолог, должность заместителя начальника цеха упразднили.

За время работы подал несколько заявок, рационализаторских предложений. На некоторые из них (23 шт.) имеются свидетельства.

Разрабатывал и применял на съемках различные эффекты. Принимал участие в съемках кинокартин, а в некоторых руководил бригадами пиротехников: «Баллада о солдате», «Железный поток», «Сашка», «Битва за Москву», «У твоего порога», «Холодное лето 53 года», «Тегеран-43» (впервые сделал эффект попадания пули в лицо человека — А. Джигарханян), «Стalingrad», «Закон» и др.

ПИРОТЕХНИК

До девяностых годов прошлого века пиротехнический цех «Мосфильма» был законодателем и монополистом по производству фейерверков на всей территории СССР. Даже в середине девяностых годов, когда сжигателей фейерверков, изготовленных в ЮВА (ЮВА — Юго-Восточная Азия: Китай, Вьетнам, Бирма, Сингапур, Северная и Южная Кореи), появилось большое количество, на фестивале фейерверков в Московском парке им. Горького нам было присуждено первое место. Мы использовали только собственные материалы и изделия. Сценарий фейерверка также был разработан нами.

До восьмидесятых годов я участвовал во всех семинарах пиротехников, как всесоюзных, так и международных, демократических стран. В 1986 году был приглашен на Кубу для подготовки пиротехников. Провел шестимесячные курсы, где разработал программу, включавшую и взрывные работы.

При ВГИКе дважды организовывались курсы повышения квалификации пиротехников Советского Союза. В последующие годы при «Мосфильме» несколько раз были организованы курсы подготовки молодых пиротехников. За это время при моем участии было подготовлено около тридцати специалистов.

В настоящее время на «Мосфильме» также периодически организовываются курсы подготовки молодых пиротехников с моим участием. За время работы накопилось много материала, который может оказаться полезным современным пиротехникам.

Исторический очерк

Как развлечение пиротехника существует, наверное, с тех пор, когда дикий еще человек, наблюдая ночью за лесными пожарами, видел, что при падении горящих деревьев в небо поднимается масса красных и оранжевых искр. Он сидел на берегу широкой реки, понимая, что ему ничего не угрожает и любовался зреющим.

С тех пор прошло много времени, но и поныне человек зачарованно смотрит на огонь, будь то пламя костра или топка камина. Когда же нам показывают фейерверк — тем более хочется смотреть, не отрываясь, чтоб не пропустить что-то интересное. А в фейерверке интересно все!.. Так это сегодня. Но для этого надо было пройти большой и долгий путь.

Колыбелью пиротехники, необходимо признать Азию. Китайцам за несколько столетий до нового тысячелетия были известны смеси, подобные пороху, которыми они пользовались для военных целей и изготовления различных цветных огней и ракет. Индузы, первые изобретатели бенгальского огня,

ПИРОТЕХНИК

также устраивали фейерверки в давние времена, главным образом, в дни религиозных праздников. У них, как и у китайцев, имеются первые указания относительно применения горючих и взрывчатых смесей.

Прошли многие годы с тех пор, как европейцы проникли в Китай и Индию, узнали рецепты пиротехнических изделий и привезли их в Европу. Несомненно, что развитию пиротехники способствовали алхимики, от них пиротехника заимствовала эмпирические, иногда случайные смеси, найденные при производстве алхимических опытов.

Еще лет двести назад под словом «пиротехника» понималась вся совокупность знаний и приемов, необходимых для изготовления пороха, взрывчатых смесей и самых разнообразных пиротехнических составов. Однако еще раньше, в XIV веке, с изобретением дымного пороха, благодаря которому появилась возможность регулировать быстроту горения путем изменения количества компонентов в дозировке различных изделий, наступил коренной поворот в пиротехнике. В военном деле значительно расширились возможности успешных действий против неприятеля с применением пороха. В увеселительном, фейерверочном направлении мастера, изучая и пробуя, находили новые рецепты смесей, придумывали еще невиданные изделия и демонстрировали свое искусство. В это же время пиротехника разделилась на военную и гражданскую, постоянно обогащая и дополняя одна другую, делясь новинками, найденными в процессе работы и опытов.

-6-

Исторический очерк

О том, что на Руси в большом количестве и отличного качества производился черный порох уже в XV веке, мы можем судить по документам, историческим ссылкам, дошедшим до наших дней. Это был первый настоящий пиротехнический состав. При Иване Грозном в XVI веке и артиллеристы — пушкари и пороходельцы, непосредственно изготавливающие пороховые смеси, были преимущественно из коренных русских. Уже в то время пороха в России производилось до двадцати тысяч пудов. Русское войско умело использовало силу и эффект пороха, что известно из истории взятия Казани после длительной осады. В начале XVII века русский пушечный мастер Онисим Михайлов написал дошедший до наших дней «Устав ратных, пушечных и других дел, касающихся военной науки». В этом труде, представляющем практическое руководство для русских артиллеристов, изложены и сведения о ракетах.

Есть свидетельства, что в 1674 году в городе Устюге был устроен фейерверк. Былопущено несколько тысяч ракет и шутых. Русские пиротехники несколько не уступали европейским коллегам в деле изобретательности, исканий и находок в опасном, но интересном огненном искусстве.

Известно, что такие гениальные люди русской истории, как Петр Великий и всемирно известный ученый, основатель московского университета М.В. Ломоносов, не только поощряли фейерверки, но и принимали личное участие в их изготовлении и пусках.

При Петре I фейерверки становятся неотъемлемой частью увеселений, устраиваемых по случаю

-7-

каких-либо торжественных событий. В то время фейерверки были весьма дорогими, но император не жалел денег на их устройство. Он собственноручно изготавлял ракеты, штухи, огненные колеса и картины; им же было основано специальное «Ракетное Заведение». Имеются личные записи Петра I о составах фейерверков. Он планировал картины и ход всего фейерверка по нарастающей. Основная его идея заключалась в том, чтобы самым мощным и зрелищным был финал.

По приказу Петра Великого осветительные ракеты применяли в армии как средство сигнализации. При нем в Петербурге был основан Охтенский пороховой завод и значительно увеличено производство пороха. Заводы эти существуют до нашего времени. Гениальный русский ученый М.В. Ломоносов за годы пребывания в Академии наук осуществил много выдающихся фейерверков. Сохранилась гравюра, изображающая фейерверк, изготовленный «по изобретению Г. Советника и профессора Ломоносова» оберфейерверкером Матвеем Мартыновым и сожженный в Москве на новый 1754 год.

В одном из отчетов о работах за 1756 год М.В. Ломоносов пишет: «Пункт 3. Ныне лаборатор Клементьев под моим смотрением изыскивает по моему указанию, как бы сделать для фейерверков верховые зеленые звездки». Не считал «мелочью» такой великий человек сделать на радость людям «верховые зеленые звездки», которые тогда еще не были известны. Теперь каждый пиротехник знает, как сделать несколько различных смесей, из которых потом можно изготовить «верховые зеленые звездки».

Русские фейерверки достигают во второй половине XVIII века наибольшего блеска и изящества.

Исторический очерк

Фасады фейерверочных фронтов делались тогда огромных размеров: до 100 метров по фронту и до 50 метров в высоту. Зрелища собирали большое количество народа, они продолжались от десяти минут до получаса, повторы фигур и картин, изделий и эффектов если и допускались, то не поощрялись. В те времена пиротехника еще не базировалась на химии и физике. Считалось, что достаточно быть большим практиком. Конечно, мастера-пиротехники отличались огромными знаниями, основанными на большом личном опыте, на опыте предшественников-учителей. Даже в печатных трудах, очень редких в то время, как, например, «Катехизис пиротехника», написанный и опубликованный пиротехником Нидом, не ставили вопроса о знании химии, исходя из того, что одна практика создала гениальнейших пиротехников, известных во всем мире. Однако так считали не все пиротехники. В конце XVIII века появился в Москве печатный труд русского оберфейерверкмейстера М.В. Данилова с длинным названием «Довольное и ясное показание, по которому всякий сам собой может приготовить и сделать великие фейерверки и разные иллюминации». Книга эта была лучшим руководством и справочником по пиротехнике в течение десятков лет. В это время изготовление и пуски фейерверков самодеятельными пиротехниками и в государственных заведениях достигают такого количества и размеров, что правительство России сочло необходимым регламентировать их специальным «Положением о фейерверках». Это был первый закон об упорядочении изготовления и пусков фейерверков. К тому времени уже пострадало много людей и случилось много пожаров.

ПИРОТЕХНИК

В начале XIX века издана книга Ф.С. Челеева «Полное и подробное наставление о составлении увеселительных огней с присовокуплением приготовления военных огнестрельных и зажигательных вещей». Эта книга обобщала все достижения в пиротехническом искусстве: как в военном, так и гражданском. Она состояла из пяти частей, и последняя, пятая, часть давала описание изготовления различных зажигательных и светящихся ядер.

В 1832 году при Охтенских пороховых заводах была создана Пиротехническая школа с пятилетним (!) учебным курсом. Ее ученики обучались изготовлению пороха, военно-лабораторному делу и приготовлению фейерверков. Государство признало, таким образом, полезность и необходимость иметь грамотных во всех отношениях пиротехников и руководителей пиротехнических заведений и мастерских. В эти же годы в России стали изготавливать составы цветных огней с бертолетовой солью, и фейерверочные средства обогатились нововведениями: применением в фейерверках боевых ракет и ракет с парашютом. К этому времени организуются специальные ракетные заведения. Важную роль в пропаганде пиротехники в России играл «Артиллерийский журнал», публиковавший все передовое, что появлялось не только в России, а также переводные статьи из европейских публикаций, касающихся данной темы. Так, в 1839 году в нем Свечников опубликовал большую статью «О фейерверочных составах», в которой подробно и со знанием дела разбираются свойства различных составов цветных огней. В 1841 году журнал публикует несколько статей пиротехника Фадеева о составах красного и синего огней.

Исторический очерк

В сороковых годах XIX столетия начал свою деятельность выдающийся русский пиротехник К.И. Константинов. Свои статьи он печатал также в «Артиллерийском журнале». В конце сороковых годов он приступил к систематическому конструированию и производству боевых ракет. С 1850 по 1859 год К.И. Константинов возглавляет Петербургское «ракетное заведение», где осуществляет ряд серьезных научных экспериментов, создает несколько новых систем ракет, которые успешно применялись в турецкой войне 1853–1855 годов. За свою недолгую жизнь этот талантливый человек написал и опубликовал более пятидесяти работ, в том числе большую статью «Усовершенствование фейерверков». Трудно переоценить тот огромный вклад, который сделал К.И. Константинов в развитие пиротехники — и военной и фейерверочной.

Еще при жизни Константина в Москве в 1852 году была издана книга П. Румянцева «Теоретическая и практическая пиротехника», в которой обобщались многие находки и изыскания в данной области искусства.

Небольшая, но хорошо написанная книга известного впоследствии русского ученого с мировым именем в области электротехники В.Н. Чиколова под названием «Руководство к приготовлению и скижанию фейерверков с описанием Электрического освещения» вышла в Москве в 1868 году и выдержала пять (!) изданий.

Специальные пиротехнические исследования производились в Михайловской Артиллерийской Академии, образованной из офицерских классов

ПИРОТЕХНИК

артиллерийского училища в 1855 году. В этой Академии читал лекции К.И. Константинов. В это время, во второй половине XIX века, в пиротехнические составы начали вводить многие новые материалы, обогащавшие зрелищность фейерверков, их эффективность.

В 1861 году появилась небольшая, но весьма серьезная и полезная по содержанию брошюра Ф.Ф. Матюковича «Собрание формул и рецептов составов по тешной пиротехники».

В 1869 году А.И. Плесцов опубликовал в «Артиллерийском журнале» статью «Об употреблении магния в пиротехнике». За два года, с 1887 по 1889, в «Артиллерийском журнале» помещаются новые статьи по пиротехнике: капитана А. Ордынского — «Пиротехнические заметки», Ф.Ф. Матюковича — «Исследование составов белого огня с магнием и другими телами», П.С. Цытовича — «Пиротехнические составы» и «О пиротехнических формулах».

В девяностые годы XIX века выходит большое количество руководств по развлекательной пиротехнике, т.е. по изготовлению и сжиганию фейерверков, лучшими из которых, несомненно, надо считать появившиеся почти одновременно в 1894 году обширные, фундаментальные труды под руководством П.С. Цытовича и В.Ф. Степанова. Три года спустя, в 1897 году в литографированном издании Михайловской Артиллерийской Академии выходят лекции профессора А.В. Сапожникова под общим названием «Военная пиротехника».

В начале XX века в связи с разработкой электролитического способа получения алюминия, в

Исторический очерк

пиротехнике начали применять термитные составы, реакции горения которых открыл и изучал еще в 1865 г. академик Н.Н. Бекетов, русский физико-химик, основные исследования которого — в физической и неорганической химии. Н.Н. Бекетов, его ученики и последователи произвели многочисленные термохимические исследования. Он же впервые ввел в процесс обучения физическую химию как основную учебную дисциплину.

Есть косвенные доказательства, что и великий химик Д.И. Менделеев принимал участие в пиротехнических исследованиях. Его ближайший помощник, сотрудник Научно-технической лаборатории морского ведомства С.П. Вуколов работал над усовершенствованием сигнальных средств Морского Флота и над созданием первых образцов трассирующих снарядов. Смеси с применением магния и алюминия, железа и кремния постоянно были в поле внимания военных пиротехников.

С развитием военной техники до 1914 года, и особенно во время первой мировой войны, русская армия получила на свое вооружение значительное количество сигнальных, зажигательных, дымовых и осветительных средств. Над усовершенствованием осветительных средств — бомб, ракет, факелов в то время работал опытный и мудрый пиротехник В.А. Артемьев. Наряду с ним русские пиротехники Ершов, Горбов, Санников, Погребняков и другие практики и теоретики создали дымовые шашки, термитно-зажигательные снаряды, осветительные снаряды, сигнальные огни и многие другие пиротехнические боеприпасы.

После первой мировой войны, которая привела к большому развитию всех военных разработок, гражданская пиротехника продолжала пользоваться пособиями старых мастеров: Степанова и Цытовича. Материалы о военной пиротехнике не могли публиковаться из-за шпиономании, хотя в закрытых и секретных лабораториях ученые ни на миг не прекращали работу. Только спустя многие годы, в 1927 году М. Петров опубликовал хорошее пособие «Общедоступная пиротехника». Затем в 1930 году Н. Александров выпустил полезную книгу для пиротехников-фейерверочников под названием «Пиротехника. Фейерверочное дело».

Хорошим пособием явилась книга «Химия горения» в 1935 году, выпущенная Б.Г. Тидеманом и Д.Б. Сциборским.

В конце тридцатых годов XX столетия, перед второй мировой войной, русские пиротехники выпустили целую обойму книг и пособий, и любой пиротехник, будь то профессионал или любитель, не смог бы доказать, какая из них лучше. Потому что все они были очень хороши.

1938 год. И.П. Толмачев. «Производство алюминиевого порошка, алюминиевой пудры и термита»; В.М. Соловьевников — «Пиротехника (Производство и сжигание фейерверков)».

1939 год. Н.Ф. Жиров. «Свечение пиротехнического пламени» — труд, который просто невозможно переоценить; А.М. Демидов. «Введение в пиротехнику», В.Я. Смирнов. «Пиротехнические материалы».

1940 год. И.В. Быстров. «Краткий курс пиротехники», В.Я. Смирнов. «Введение в технологию

Исторический очерк

пиротехнических производств»; А.А. Фрейман. «Краткий курс пиротехники».

В течении этого десятилетия публиковались труды и по теоретическим вопросам, хотя такое определение можно дать с большой натяжкой, кроме уже упоминавшихся книг, появились в печати: 1937 год — «Курс теории взрывчатых веществ» А.А. Соколова; 1939 год — «Пиротехнические материалы» В.Я. Смирнова; 1936 год — «Теория взрывчатых веществ». К.К. Снитко; 1938 год — «Химия и физика маскирующих дымов» Ю.И. Вейцер и Г.П. Лучинский.

Наряду с оригинальными книгами, непосредственно описывавшими материалы изделия, монтаж и сжигание фейерверков, появлялись в периодической литературе различные статьи о новых материалах, внедряемых с большой пользой в пиротехнику, печатались переводы из иностранной периодики. Именно периодическая печать познакомила советских пиротехников с трудами В. Веллера, О. Векцельберга, В. Толглинсона, Конена, Зелена, Линце.

Я.Б. Зельдович смог опубликовать свою книгу «Горение и детонация в газах» в 1942 году. Стоит ли говорить о том, что в разгар Великой Отечественной войны такая область науки, как пиротехника, представляла собой большой интерес для иностранных разведок. Холодная война также не способствовала публикации новых открытий в данной профессии. И все равно в руководствах и рекомендациях оборонным заводам и производствам НИИ химии и физики в брошюрах с грифом «Совершенно секретно» или «Для служебного пользования» во множестве распространялась передовая пиротехническая мысль.

ПИРОТЕХНИК

С большим трудом после довольно долгого молчания выходила на белый свет из глубокого подполья пиротехника. В технических журналах появлялись отдельные статьи, в которых пиротехники могли найти что-то новое для себя. В этом отношении полезным себя зарекомендовал журнал «Техника и вооружение», печатавший новости, которые пропускала цензура; наряду с ним публиковали интересные и познавательные общедоступные материалы журналы «Военный вестник», «Вестник связи», «Военно-исторический журнал», «Техника молодежи», «Новости техники» и др.

Именно из этих публикаций впервые мы узнали о синтетических и искусственных смолах, применяемых в пиротехнических смесях в различных сочетаниях, о применении циркония в особо ответственных изделиях. Потом стали доступны некоторые материалы по ракетной и космической технике. В 1951 году была опубликована книга Демидова «Основы горения вещества», давшая новое ускорение развитию пиротехнического искусства и многим новым работам в этой области. А.И. Лазарев и М.Ф. Сорокин в 1953 году обнародовали значительный труд «Синтетические смолы для лаков». При прессовании различных звездок появилась новая возможность выбора цементаторов. Все цементаторы в пиротехнических составах являются горючими, иногда дымообразующими или катализаторами, или замедлителями. Вместе со знаниями о смолах мы получили сведения и об их отвердителях, что значительно упрощало поиски новых рецептов и смесей.

Исторический очерк

Современную пиротехнику серьезные исследователи давно рассматривают как одну из самостоятельных отраслей знаний, требующую самостоятельной научной и учебной литературы. Ведь в пиротехнике существует целый ряд закономерностей, вывести и определить которые, оперируя только знаниями, взятыми из смежных научных областей, весьма трудно. Именно этим руководствовался замечательный пиротехник А.А. Шидловский, написавший и выпустивший свою книгу еще в 1943 году, которую назвал «Основы пиротехники». Эта работа была оценена не только гражданскими пиротехниками, но и стала настольной книгой для специалистов оборонной промышленности; высшие и специальные заведения использовали ее как учебное пособие при обучении студентов и слушателей. Практики-пиротехники получили научные практические советы и руководства из первых рук, ибо Шидловский А.А. посвятил всю свою жизнь разработкам, изучению и внедрению новых пиротехнических смесей и изделий, собственоручно проводя каждую задумку, каждый рецепт, используя и пробуя все новые и новые различные химикаты и материалы.

Десятилетие спустя, в 1954 году, он печатает в «Оборонгизе» несколько переработанный, с добавлениями и уточнениями, с привлечением наиболее знающих соавторов, труд под тем же названием «Основы пиротехники». Эту книгу Министерство высшего образования допускает в качестве учебного пособия для факультетов химико-технологических вузов СССР, для студентов других высших учебных заведений. Она содержит основные сведения о расчете и

ПИРОТЕХНИК

свойствах пиротехнических составов и весьма полезна для инженерного и технологического персонала заводов, цехов, мастерских, изготавливающих такие составы. Эта книга уже полвека является основным руководством при разработке новых и улучшении старых пиротехнических рецептов в пиротехническом цехе при киноконцерне «Мосфильм», где я имел честь отработать сорок три года. И в практической работе, при отыскании нового пиротехнического эффекта (кино!), и при обучении молодых специалистов-пиротехников замечательные книги Шидловского — главный и первый подсказчик и советчик.

При внимательном и вдумчивом чтении и изучении этих книг мыслящий пиротехник сможет сделать не только ночной фейерверк, но и дневное интересное, захватывающее зрелище из разноцветных дымовых, звуковых, свистящих и иных эффектов, спрос на которые растет год от года, день за днем.

Профессор Александр Александрович Шидловский продолжал работать и время от времени печатал свои статьи в научных журналах. Двадцать лет прошло с выпуска его книги, найти ее было невозможно, и в 1973 году он выпускает вновь «Основы пиротехники» в издательстве «Машиностроение». В этом издании Шидловский расширил многие старые темы, появились новые описания материалов и рецептов, дана характеристика многим новым изделиям. Стоит ли говорить, что ее тираж разошелся по стране в короткое время, а сегодня найти эту книгу крайне проблематично. Разве что наследники старых пиротехников принесут букинистам книгу, ставшую им ненужной.

Исторический очерк

Так много рассказывая о трудах А.А. Шидловского, я никак не хотел уменьшить значение других авторов, каждый из которых в свое время внес большой вклад в развитие пиротехнической науки и достоин огромной нашей благодарности.

Однако пиротехническая мысль не может стоять на месте. Будет полезно прочитать, а еще лучше иметь в своей библиотечке следующие издания:

Браузер К.О. «Пиротехнические устройства для космических аппаратов». Вопросы ракетной техники, 1969 г., выпуск 10, стр. 47–61.

Васильев В.Н. «Старинные фейерверки в России». Издательство государственного Эрмитажа, 1960 г., 92 с.

«Вспомогательные системы ракетно-космической техники» (Сборник статей. Перевод с английского под ред. Тишунина И.В.). Москва, Мир, 1970 г., 400 с.

Инами И., Шенфилд Х. «Неакустические пульсации при горении перхлората аммония, содержащего алюминий». Ракетная техника и космонавтика, 1964 г., № 7, стр. 196–201.

Сарнер С. «Химия ракетных топлив» (Перевод с английского под ред. В.А. Ильинского). Москва, Мир, 1969 г., 488 с.

Хартиг Г. «Спички» (Сокращ. перевод с немецкого). Москва, Лесная промышленность, 1975 г., 292 с.

В этом очерке я кратко рассказал о многих публикациях, но еще больше книг, очерков, статей осталось за рамками рассказа. Когда-нибудь появится историк пиротехнической науки — он расскажет

ПИРОТЕХНИК

более интересно и подробно обо всем материале, обо всех людях, пропагандировавших, разрабатывавших, искающих и находивших пути улучшения пиротехнических изделий, организации устройства и пуска фейерверков.

Необычайно широкий спрос на фейерверки в последние 10-15 лет породил и соответствующее количество предложений. Однако в такой специфической области деятельности, когда фейерверки и другие специальные эффекты в театрах, парках, при массовых гуляниях и праздниках, стали обязательными, участились и непредвиденные случаи с травмами, а иногда и трагическими последствиями. Появились и появляются новые полуподпольные мастерские, где кустарными способами, с грубыми нарушениями требований техники безопасности изготавливаются пиротехнические изделия. Перед праздниками на городских рынках любому покупателю, даже детям открыто продают фейерверочные изделия сомнительного производства и неизвестного срока их изготовления. На просроченную продукцию иностранного производства наклеивают российские этикетки и инструкции, а изделия уже давно непригодны и даже опасны для использования.

И магазины, торгующие пиротехнической продукцией, и склады сосредоточены в крупных городах, а праздники проходят даже в мелких населенных пунктах, и там тоже хотят видеть фейерверки. Однако изготавливать фейерверочные изделия подпольно, на кухне или на даче в сарае было бы архиглупо. Большинство химикатов ядовиты, пылят, а значит, как ни берегайся — часть

Исторический очерк

из них может попасть в пищу домашним или гостям. В сарае пыль будет скапливаться в разных местах, и смешиваться будут самые опасные несовместимые химикаты. Результат? Рано или поздно — пожар! Есть один реальный путь — конечно, по всем правилам, открыть легальную пиротехническую фейерверочную мастерскую с разрешения и под эгидой всех местных властей от санитарно-эпидемиологического надзора, пожарных, милиции до главы управы, муниципальной администрации и главы района. Все они лично заинтересованы в нормальных, веселых праздниках в вашем городе. Хороший фейерверк собирает людей больше, чем заезжие гастролеры-эстрадники, хотя они и дополняют друг друга.

Понятия и термины пиротехники

Элементарные понятия и термины пиротехники

Всякий пиротехнический эффект происходит в результате процесса горения, представляющего собой окислительно-восстановительную реакцию, при которой окисление одних компонентов протекает одновременно с восстановлением других.

При горении веществ повышается их температура, и это ведет к образованию пламени, свечению или выделению дыма. Для получения того или другого эффекта пиротехнические составы сжигают на открытом воздухе либо в смесь с горючими веществами вводят вещества, богатые кислородом и способные легко отдавать его. Такие вещества называются окислителями.

Почти все пиротехнические составы содержат окислители, в качестве которых применяются соли хлорноватой, азотной и других кислот, перекись бария, окислы железа, марганца и свинца.

В качестве горючих материалов используются металлы: Mg, Al, Cu, Be, Zn, Fe, Sb; неметаллы: P, S, C, Si, B; органические и неорганические соединения: бензол, толуол, нафталин, антрацен, парафин, сульфиды, карбиды и другие.

Смесь из горючего вещества и окислителя называется **основной двойной смесью**. На основе двойной смеси приготавливают различные пиротехнические составы. В зависимости от требований, предъявляемых к составу, в основную смесь добавляют различные добавки — компоненты.

Для придания составу механической прочности используются вещества, способные связывать состав при его прессовании. Такие вещества называются **цементаторами**. Обычно они бывают и горючими. В качестве цементаторов применяются идитол, бакелиты, канифоль, шеллак, олифа, клей (декстрин), различные лаки и другие.

Для уменьшения активности пиротехнических составов и понижения их чувствительности к механическим и тепловым импульсам в составы добавляют вещества, замедляющие процесс горения — **флэгматизаторы**. В их число входят парафин, канифоль и некоторые масла.

Для ускорения процесса горения в составы вводят вещества, называемые **активаторами**. К ним, например, относятся перекись марганца, тиомочевина и другие химикаты.

Вводя в состав различные компоненты либо меняя их количественное соотношение, можно регулировать течение процесса горения в соответствии с требованиями, которые предъявляются к пиротехническим изделиям различного назначения.

Для получения пламени определенного цвета, регулирования температуры горения и некоторых других целей используют **цветнопламенные добавки** — вещества, участвующие в реакции горения и окрашающие пламя или дым.

Каждое вещество при горении излучает свой особый, характерный спектр. Если вещество в раскаленном состоянии излучает световые лучи определенной длины волн, то такое лучеиспускание называется **избирательным**.

Для получения пламени, окрашенного в определенный цвет, используются только те вещества, свечения атомов которых при реакции горения дает яркие полосы в определенной видимой части спектра. В пиротехнике используют атомарное свечение натрия и молекулярное свечение стронция, бария, меди и других веществ.

В сигнальных и осветительных составах боевого и народнохозяйственного назначения применяются огни красного, желтого, синего, зеленого и белого цвета. Для подачи различных сигналов, для создания самых разнообразных эффектов используются цветные и белый дымы, широкая гамма цветных дымов с довольно точным и определенным химическим составом рецептов. Постоянно совершенствуются и пламенные составы, а также изделия из них.

На больших расстояниях лучше всего различим красный цвет. Объясняется это тем, что лучи красного цвета из всех видимых имеют наибольшую длину волны, равную приблизительно 0,75 мк, и атмосфера пропускает их лучше других лучей; кроме того, они меньше других рассеиваются в воздухе. Цветность красного огня с увеличением расстояния изменяется незначительно.

Пламя красного цвета получается за счет молекулярного свечения стронция, соединения которого входят в пиротехнические составы. В качестве солей, окрашивающих пламя в красный цвет, обычно применяют карбонат, оксалат, нитрат и иногда сульфат стронция. В нашем цехе наибольший расход солей стронция приходится на нитрат ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$), хотя расходуем и другие соли стронция, правда, в меньших количествах.

Для получения **желтого пламени** используется атомарное свечение натрия. Наилучшую окраску пламени в желтый цвет дает оксалат натрия (NaC_2O_4). Для увеличения силы света огня и яркости окраски пламени в пиротехнический состав иногда вводят магний (Mg), который подразделяется по номерам в зависимости от размеров металлических зерен.

Пламя синего цвета (голубого) получается на основе излучения монохлорида меди (CuCl), который образуется в результате разложения соединений меди под действием мощного теплового эффекта, то есть высокой температуры, при которой происходит реакция. Коротковолновые лучи синего пламени существенно рассеиваются в атмосфере и с увеличением расстояния приближаются по цвету к желтому. Поэтому пламенные пиротехнические составы синего огня не получили пока большого распространения как в оборонной промышленности, так и в фейерверочном искусстве.

Пламя в зеленой части спектра дает монохлорид бария (BaCl). В некоторых случаях используют свечение атомов таллия (Tl). Этот последний элемент в нашем производстве не употреблялся из-за большой цены на него. Однако в мировой литературе по пиротехнике упоминаются некоторые пиротехнические изделия с применением таллия.

Если возникает необходимость получить **оранжевое или фиолетовое пламя** — смешивают различные цветнопламенные добавки и вводят их в пиротехнические составы. Например, если включить в состав красного огня соли натрия или в состав желтого огня соли стронция, то можно получить пламя оранжевого цвета. Если смешать в определенных

пропорциях составы синего и красного огней, то образуется фиолетовое пламя, как на палитре живописцев.

В пиротехнические составы некоторых фейерверочных форсовых изделий часто добавляют различные металлические опилки. При горении пиротехнических составов опилки раскаляются, выбрасываются наружу и, сгорая в воздухе, дают эффект искрения. Цвет искр зависит от свойств металлов: стальные опилки дают белые искры, цинковые — голубые искры, зерна древесного угля дают красные искры и т.д. Надо отметить, что такие искры малоэффективны по сравнению с искрами, которые предложил и внедрил В.Ф. Пугачев. Особенность его искр состоит в том, что они, вылетая в воздух, горят ярким бриллиантовым цветом, что дает эффект, не сравнимый ни с какими опилками, но эти искры еще в воздухе делятся на несколько частей, напоминая микровзрывчики с разлетом мелких искринок в разные стороны. Когда «работает» форс, начиненный составом с этими искрами, его не спутаешь ни с одним другим изделием. Рецептура и технология изготовления этого подобного изделия будут даны ниже.

Искрение бывает двух видов: форсовым и шлаковым. Форсовое искрение вызывается неполным сгоранием частиц вещества, которые выносятся газами за пределы пламени и изделия и догорают в воздухе, как было сказано о бриллиантовых искрах. Шлаковое искрение происходит за счет разбрасывания раскаленных частиц продуктов горения состава. Именно в форсовых изделиях употребляется крупка бриллиантового огня. Попутно заметим, что

Понятия и термины пиротехники

идет поиск рецептуры и других цветов на основе пиротехнических составов для форсовых изделий для замены металлических опилок. Цветные искры, получаемые за счет опилок различных металлов, малоэффективны.

Надо заметить, что большинство видов горения пламенных составов хорошо видно ночью и в переходное время — сумерки. В дневное время лучше видны эффекты, исполняемые пиротехниками: взрывы, огненные фугасы, пожары, дымы различных цветов.

Дымы относятся к категории аэрозолей. Дымом называется скопление в воздухе тончайшей взвеси частиц твердых веществ. Размеры частиц дымовой системы чрезвычайно малы, их размеры бывают от 1 до 100 микрон. Цветные дымы получают двумя способами: дисперсионным, то есть путем распыления вещества в воздухе, и конденсационным, то есть путем химической реакции или возгонкой органических красителей. У нас в цехе павильонный дымсостав, смеси для шашек МПШ-5, МПШ-6, МПШ-3, шашек черного дыма № 1 и № 2 и многие смеси других изделий разработаны на основе химической реакции, а основная масса цветных дымов — на основе возгонки органических красителей. Во втором случае пиротехнические смеси выделяют дым, существование которого состоит в том, что окрашенные вещества при их нагревании переходят непосредственно из твердого в газообразное состояние. Возгонка осуществляется в дымовой шашке за счет тепла (t^0), выделяющегося при горении основной пиротехнической смеси. Температура горения дымовых составов 800–1200°C.

Для образования цветных дымов используют органические красители и полупродукты. Красный

дым в основном дает родамин; желтый — паранитоаанилин, аурамин; синий получают из индиго и ультрамарина, а черный — при горении металлохлоридных смесей с некоторыми углеводородами (нафталин, антрацен).

Надо знать и то, что на глаз лучше других наблюдаются клубы оранжево-красного дыма (длина волны спектра 0,57—0,75 мк) и желтого дыма (длина волны 0,55—0,58 мк), так как глаз человека наиболее чувствителен к лучам именно этой части спектра. Это явление объясняется тем, что глаз больше всего приспособлен к солнечному свету, содержащему в основном желтые лучи, а также оранжевые и немного красных.

Некоторые пиротехнические определения

Для воспламенения любого пиротехнического состава необходимо затратить определенное количество энергии. Эта энергия называется **начальным импульсом**. В качестве начального импульса могут быть использованы механическая, химическая, тепловая, лучистая и другие виды энергии, оказывающие тепловое воздействие.

Характер горения пиротехнического состава во многих случаях зависит от вида начального импульса. Например: один и тот же состав при воспламенении его от искры горит сравнительно ровно и медленно, а при воздействии на него более мощным импульсом — взрывается (шашки черного дыма некоторые пиротехники использовали как ВВ при мощном детонаторе).

Каждый пиротехнический состав воспламеняется при определенной температуре. Температура, при которой начинается горение пиротехнического состава под воздействием пламени, называется **температурой воспламенения**. По температуре воспламенения того или другого пиротехнического состава устанавливают безопасный режим производства, хранения и применения пиротехнических изделий, изготовленных из этого состава химикатов.

Часто пиротехнический состав, подвергающийся нагреву, воспламеняется самопроизвольно, без воздействия на него открытого огня. Температура, при которой в условиях нагрева состав самовозгорается, называется **температурой возгорания**. Для многих пиротехнических составов она равна 250°C.

Можно значительно снизить температуру самовоспламенения, вводя в пиротехнический состав хлораты. О хлоратах, об их применении в нашем производстве речь будет идти ниже.

Пиротехнические составы, при горении которых образуется интенсивно светящееся пламя, называются пламенными составами. Сила света пламени, как и его окраска, зависит от свойств компонентов (химикатов) состава и конечных продуктов горения (реакции). Одна из задач, которуюставил перед собой автор данной книги, состоит в том, чтобы максимально раскрыть свойства химикатов — компонентов, наиболее часто встречающихся в рецептах изделий нашего производства. Температура горения большинства пиротехнических пламенных составов колеблется от 2000 до 3500°С.

Физико-химические свойства пиротехнических составов

К основным физико-техническим свойствам пиротехнического состава относятся: **чувствительность, стойкость, гигроскопичность, взрывчатые свойства и скорость горения состава.**

Чувствительностью называется способность пиротехнического состава реагировать на воздействие начального импульса, то есть пламени, удара, трения и т.д. Она зависит от химических свойств веществ, входящих в состав, степени их измельчения, примесей, содержащихся в компонентах, и плотности состава. Чувствительность состава тем больше, чем выше степень измельчения состава и его компонентов, и тем меньше, чем более плотно спрессован состав. Посторонние примеси в основных компонентах уменьшают или увеличивают чувствительность пиротехнических составов. Поэтому, прежде чем вводить в состав тот или другой компонент, прежде чем пользоваться им, пиротехник обязан знать, на сколько процентов данный химикат состоит из чистого вещества. Большое значение в составах имеют **флегматизаторы**, снижающие чувствительность пиротехнических составов, и **катализаторы** — повышающие их чувствительность.

Характеристика чувствительности пиротехнических составов позволяет определить условия изготовления, режим хранения и методы применения всех без исключения пиротехнических средств и изделий.

Стойкостью называется способность пиротехнического состава сохранять свои первоначальные

физические и химические свойства в процессе хранения, рассчитанные производством-изготовителем. Стойкость составов позволяет судить о качестве данного пиротехнического изделия. С течением времени состав претерпевает определенные химические и физические изменения, которые иногда настолько существенны, что изделие из такого состава становится непригодным, а порой даже опасным для хранения и применения. Причина этого явления в том, что отдельные компоненты состава самопроизвольно вступают в реакцию, в результате которой химическая природа их изменяется. Если при взаимодействии компонентов начнет выделяться тепло, то состав может самовоспламениться.

Значительное влияние на стойкость состава оказывают различные примеси, и в частности, влага (влага), которые способны вступать в реакцию с металлическими порошками, вызывая нагревание состава и, впоследствии, его самовоспламенение.

Физические изменения, возникающие в составе при его хранении, обусловливаются в основном увлажнением, которое приводит к частичному растворению компонентов, разрыхлению состава и деформации заряда пиротехнического изделия. Нередко изменения происходят в составе за счет явления возгонки летучих веществ смеси.

Гигроскопичностью называется способность пиротехнического состава или отдельного компонента поглощать влагу из окружающей среды, что способствует разложению и отдельных компонентов, и состава в целом. Гигроскопичность обуславливается, главным образом, физическим состоянием состава и зависит от плотности его в заряде и гладкости

Свойства пиротехнических составов

поверхности заряда. Разрыхленная смесь притягивает влагу в большей степени, нежели спрессованная. При прочих равных условиях гигроскопичность тем больше, чем выше степень измельчения компонентов пиротехнического состава.

Химические изменения состава, происходящие в результате его увлажнения, носят различный характер. Составы, содержащие в качестве горючего порошки металлов, а в качестве окислителей неорганические вещества, начинают разлагаться обычно из-за коррозии порошков металлов, которая подчиняется той же закономерности, что и коррозия монолитных металлов; однако порошки, имея большую удельную поверхность, корродируют намного интенсивнее.

Если состав не содержит металлических порошков, то при его увлажнении значительных химических процессов обычно не наблюдается. Увлажнение пиротехнического состава приводит также к снижению его специального эффекта: состав горит медленнее, не развивает при горении нормальной температуры, меньше излучает световой энергии. Надо заметить, что это явление, это свойство не всегда можно считать отрицательным. Знать же об этом обязан каждый пиротехник, и если пиротехнический состав увлажнился по каким-либо причинам, его обязательно надо проверить, а затем определить его пригодность для использования.

Наименее химически стойкими являются составы, содержащие магний. Поэтому каждый вид пиротехнических изделий имеет свой максимально допустимый срок хранения, по истечении которого использовать изделия без пробы недопустимо.

Однако приходится сталкиваться с фактами, когда указанный на упаковке срок хранения прошел, а фактически эти изделия еще могут храниться долгое время.

Для понижения способности составов поглощать из окружающей среды влагу, вещества компонентов покрывают защитной пленкой **пластификаторов**. К пластификаторам относятся парафин, олифа и некоторые другие масла, а также спиртовые растворы различных kleящих веществ. Спирт улетучивается, оставляя лаковое покрытие частиц химикатов (компонентов) в готовых пиротехнических составах.

Взрывчатые свойства состава выражаются в способности его давать при определенных условиях взрыв. Большинство составов, из которых изготавливают пиротехнические средства, рассчитано на равномерное горение — за исключением специально предназначенных изделий; такие пиротехнические составы обладают минимальными взрывчатыми свойствами или не имеют их совсем. Однако при определенных условиях, например, при сгорании состава в замкнутом пространстве или при воздействии на состав мощного, начального импульса, многие пиротехнические составы способны взрываться. Способны взрываться составы вспышек, если их использовать в намного увеличенных количествах, вопреки требованиям инструкций по их применению.

Взрывчатые свойства составов характеризуются **скоростью детонации, бризантностью и фугасным действием**. Скорость детонации — это скорость распространения реакции горения при воздействии мощного начального импульса. Для мно-

Свойства пиротехнических составов

гих пиротехнических составов, которые способны детонировать, скорость детонации около 3000 м/сек, а для ВВ эта скорость 9000 м/сек. Составы, содержащие в качестве окислителя нитраты, имеют малую скорость детонации, не превышающую 1000 м/сек. Многие пиротехнические составы вообще не детонируют.

Бризантность, или мощность взрыва состава, оценивается количеством работы, которую этот взрыв может выполнить в единицу времени. Пиротехнические составы имеют малую бризантность.

Фугасное действие проявляется в способности состава расширять свой объем в начальный момент образования продуктов взрыва. Пиротехнические составы обладают сравнительно небольшой фугасностью.

Под скоростью горения пиротехнического состава понимается время в секундах, в течение которого горение распространяется на 1 см длины заряда. Скорость горения пиротехнического состава зависит от свойств окислителя и горючего, степени измельчения веществ и плотности смеси. Например, хлораты в смеси с горючими веществами горят значительно быстрее, чем нитраты с теми же горючими. Чем больше измельчены вещества, тем выше скорость горения смеси; спрессованные составы горят медленнее. Кроме того, с повышением внешнего давления и начальной температуры состава скорость горения возрастает, в разреженной среде горение смеси происходит медленнее. Если горение происходит в замкнутом объеме, то давление образующихся газов и скорость горения возрастают настолько, что происходит взрыв.

Краткая характеристика некоторых воспламенительных средств

Большинство заводских пиротехнических изделий приводится в действие с помощью капсюля-воспламенителя путем накалывания, удара или резкого трения специальных материалов, к которым относится порох, пороховая мякоть, подмазка, стопин, огнепроводный (бикфордов) шнур, спички различного назначения, факелы, электровоспламенители и другие.

Дымный или **черный** порох представляет собой механическую смесь серы, угля и калиевой селитры (нитрат калия). Смесь эта зерниста и обладает свойствами взрывчатого вещества. Температура вспышки пороха = 300°C , чувствительность к удару сравнительно невелика. Дымный порох используется в основном для изготовления различных вышибных зарядов, применяющихся в пиротехнике. К тому же среди взрывчатых веществ он значится как метательное взрывчатое вещество.

Пороховая мякоть — измельченный до тонкого порошка черный порох. Она более чувствительна к внешним воздействиям. Пороховая мякоть применяется в качестве воспламенительного состава во многих пиротехнических изделиях.

Подмазка — тестообразная смесь из легко воспламеняющегося вещества и какого-либо kleящего вещества: дексстрина, крахмала, лаков. На производстве чаще других используется подмазка из пороховой мякоти. Подмазка наносится на те или иные части изделия и, высокнув, образует слой, который служит воспламенительным средством.

Характеристика воспламенительных средств

Стопин (нить стопина) — изделие из ниток или ткани, шнура, пропитанное и покрытое сверху горючим веществом. Основным стопинирующим веществом является порох или пороховая мякоть с добавкой kleящих веществ. Стопин предназначен для быстрой передачи огня от одной части пиротехнического устройства к другой.

Огнепроводный шнур служит для передачи огня заряду через строго определенное время после его поджигания. Шнур набит слабо спрессованным пороховым составом, через который пропущены хлопчатобумажные нитки, покрытые слоем асфальта или гутаперчи.

Спички состоят из двух элементов: терки и головки. Основой состава спичечной головки являются хлорат калия (бертолетова соль), сера и животный клей. Кроме того, в состав входит молотое стекло, железный сурик, цинковые белила (сухие) и другие вещества. В данной книге даются некоторые современные рецепты химиков спичек-головок и к ним парные рецепты спичек-терок. В состав терочной намазки входят, как основные вещества, красный фосфор, антимоний, идитол, мел, двуокись марганца и некоторые другие материалы. Температура воспламенения головки обычной спички $220\text{--}315^{\circ}\text{C}$.

Терочные составы применяются также и непосредственно в самих пиротехнических изделиях и служат для воспламенения. Эти составы чрезвычайно чувствительны к трению и относятся к разряду материалов, весьма опасных при хранении и обращении.

ПИРОТЕХНИК

Капсюли, использующиеся в пиротехнических средствах, воспламеняются от накола либо от направленного удара. Капсюль представляет собой металлический колпачок, в котором сосредоточен заряд ударного воспламенительного состава. В ударный состав входят гремучая ртуть, антимоний, бертолетова соль и другие химикаты. Сверху состав закрыт кружком из оловянной или другой фольги. В нашем цехе изделия не снаряжаются капсюлями, но мы часто пользуемся заводскими изделиями, где воспламенителем является капсюль: патроны к стрелковому оружию, сигнальные патроны, шашки оранжевого дыма, плавающие и некоторые другие изделия и средства.

Факелы, как правило, изготавливаются пиротехниками из подручных материалов; основой их обычно бывает пакля и любое жидкое горючее от керосина, солярки до парафина. Хороши факелы из пористой резины — горят долго и пламя их имеет более высокую температуру.

Есть и другие средства воспламенения пиротехнических составов, но пользоваться надо теми, которые являются штатными для данного состава или изделия во избежание нежелательных последствий.

Мы выяснили, что для любого пиротехнического состава необходимы как минимум два компонента: окислитель и горючее. Так сложилось исторически, что первым в этой смеси называют окислитель.

Окислители

Технические требования к окислителям

Окислители: нитраты, хлораты и другие химикаты — поставщики кислорода для пиротехнических смесей, их роль в таких смесях; характеристика каждого окислителя с положительной и отрицательной их сторон; требования техники безопасности при работе с окислителями.

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ — нитрат бария, азотнокислый барий — получаются хорошие смеси с магнием (Mg) и алюминием (Al), а также цирконием (Zr), окрашивает пламя в зеленый цвет. Ядовит. Не гигроскопичен. В пиротехнике применяется технический продукт. При работе с азотнокислым барием необходимо следить за тем, чтобы были закрытыми органы дыхания, не допускать попадания пыли в глаза.

KClO_3 — хлорат калия, бертолетова соль — ядовита, токсична, взрывоопасна, может служить основой суррогатной взрывчатки при добавках нефтепродуктов, опасна с солями аммония (NH_4) — не смешивать! Не допускать контакта! Опасна также с тиомочевиной (CSN_2H_4). В пиротехнических составах, применяемых в кинопиротехнике и, естественно, фейерверочном искусстве, KClO_3 является основой большинства изделий.

NH_4ClO_4 — перхлорат аммония, аммоний хлорнокислый — взрывоопасен, взрывается при температуре 1200°С. Скорость детонации 2500–3500 метров в секунду. Хороший поставщик кислорода. Опасны смеси с бертолетовой солью из-за обменной

ПИРОТЕХНИК

реакции. Не допускать попадания перхлората аммония в смеси с бертолетовой солью.

$KClO_4$ — перхлорат калия, хлорнокислый калий — характеристики у перхлората калия примерно такие же, как и у бертолетовой соли, но его разложение ускоряется в присутствии железа (Fe), кобальта (Co), никеля (Ni), вольфрама (W) и всех солей меди (Cu). Хороший поставщик кислорода в пиротехнических смесях. Молекулярный вес = 139. Плотность = 2,5 г/см³; температура плавления = 570°С. Активного кислорода при горении участвует в реакции 46%. Применяется при изготовлении цветных огней. Собственное пламя окраски не дает, но усиливает цветность других компонентов, окрашивающих пламя.

KNO_3 — нитрат калия, азотнокислый калий, селитра калиевая — основа пороха и многих пиротехнических фейерверочных изделий, по потребностям нашего цеха — второй химикат-окислитель. Молекулярная масса = 101; плотность = 2,1 г/см³; температура плавления = 336°С, температура разложения = 700°С. Активного кислорода при горении участвует в реакции 40%. Благодаря относительно низкой температуре разложения применяется в воспламенительных составах. Легко отдает кислород, чем опасен в обращении. Токсических действий на организм человека не замечено.

$Sr(NO_3)_2$ — нитрат стронция, азотнокислый стронций. Бывает технический и «чистый». В пламенных пиротехнических составах окрашивает пламя в красный цвет. Применяется в пиротехнике «химически чистый», «реактивный чистый». Гигроскопичен. Молекулярный вес = 212; плотность = 2,9 г/см³. Температура плавления = 645°С,

Окислители

температура разложения ниже 600°С. Активного кислорода при реакции разложения участвует 40%.

$NaNO_3$ — нитрат натрия, азотнокислый натрий — химикат, который отдает 47% кислорода при реакции. Это один из высших показателей в дешевых окислителях. Другие показатели: молекулярный вес = 85, плотность = 2,2 г/см³; температура плавления = 308°С; температура разложения = 600°С. Очень хороший химикат. Однако из-за своей большой гигроскопичности не может применяться в двойных смесях с порошками металлов: Mg, Al, Zr (циркония) и других. Изделия с солями натрия (Na) требуют жесткой гидроизоляции и не могут храниться длительные сроки. Применяется в чистом виде, при горении дает чистое яркое желтое пламя. Работать с этим химикатом рекомендуется в респираторах и перчатках.

$NaClO_3$ — хлорат натрия, хлорнокислый натрий — весьма гигроскопичен, в чистом виде редок. В условиях России ограничен. У нас на производстве не употребляется, за исключением лабораторных работ.

NH_4NO_3 — нитрат аммония, аммоний азотнокислый — в производстве употребляется «чистый» нитрат аммония. Сильно гигроскопичен, при относительной влажности атмосферы в 67% становится влажным, с порошками металлов составы весьма нестойки из-за агрессивности нитрата. Химикат мало чувствителен к трению, удару. Ядовит, запах органов дыхания и рук обязательны. В нашем производстве есть несколько рецептов изделий, куда NH_4NO_3 входит в качестве компонента.

Fe_2O_3 — оксид железа — плотный, тяжелый материал, применяется в зажигательных составах, в термитных изделиях; в нашем производстве редко употребляемый химикат. Не чувствителен к механическим воздействиям.

Fe_3O_4 — оксид железа, окись железа — кубические кристаллы темно-красного цвета. Не гигроскопичен, ядовит. При работе с оксидом железа необходимы меры защиты органов дыхания и открытых частей тела. В нашем производстве мало употребляется.

MnO_2 — двуокись марганца, перолюзит — порошок черного цвета, применяется «химически чистый»; употребляется в зажигательных смесях, отличный катализатор. В нашем производстве употребляется редко. Чувствительность к механическим воздействиям средняя.

BaO_2 — перекись бария — тонкодисперсный порошок белого цвета, применяется в воспламенительных составах, чувствителен к механическим воздействиям в смесях. При контакте с водой образует перекись водорода — H_2O_2 . Молекулярный вес перекиси бария = 169; плотность = 5,0 г/см³; температура разложения = 700°C; продукт не богат кислородом — при его горении кислорода участвует в реакции всего 9%. Химикат весьма токсичен. Ядовит. При работе с перекисью бария необходимы меры защиты органов дыхания и открытых частей тела.

C_2Cl_6 — гексахлорэтан (ГХЭ) — применяется в дымовых составах; в смесях с порошками Mg, Al и другими активными металлами весьма чувствителен к механическим воздействиям — трению, удару. Ядовит. При работе с ГХЭ необходимо

Окислители

пользоваться противогазом, резиновыми перчатками. Проветривать помещение.

C_6Cl_6 — гексахлорбензол (ГХБ) — применяется в дымовых смесях, менее ядовит, чем ГХЭ, можно работать в промышленных респираторах Ф-46 и РН-16; с порошками металлов также образует весьма чувствительные смеси; кроме того, пыль ГХБ опасна самовоспламенением от случайной искры. Не допускать пыли в рабочем помещении.

$(\text{C}_2\text{F}_4)_n$ — политетрафторэтилен, тефлон, флоулон, фторопласт — полимер, применяется в пиротехнических смесях в виде порошка, в дымовых составах. При нагревании тефлона выделяются токсичные продукты. Применение смесей с тефлоном в помещениях абсолютно запрещено. На открытом воздухе при пользовании пиротехническими средствами, содержащими тефлон, не допускать попадания дыма на людей, животных и птиц. Из-за токсичных свойств в нашем производстве тефлон малоприменим, однако пиротехники должны знать об этом окислителе.

Промышленность вырабатывает много других окислителей, с развитием же химической промышленности их количество будет расти и, естественно, мы не имеем возможности дать полную характеристику всем окислителям. Некоторые характеристики и свойства окислителей еще будут частично освещены при разборе компонентов рецептов пиротехнических изделий. Однако надо соблюдать основные технические требования к окислителям:

- а) максимальное содержание основного вещества (обычно не менее 98—99%);
- б) минимальное содержание влаги (не более 0,1—0,2%), при повышенной влажности окислители

ПИРОТЕХНИК

перед вводом их в пиротехнические смеси должны быть просушены;

в) минимальное содержание примесей гигроскопичных солей и солей тяжелых металлов (Pb, Cu и другие);

г) реакция водных растворов окислителей — солей должна быть нейтральной;

д) отсутствие горючих примесей и примесей твердых веществ (стекло, песок и другие), которые повышают чувствительность пиротехнических составов к механическим воздействиям (трение, удар);

е) отсутствие примесей, понижающих химическую стойкость или ухудшающих специальный требуемый эффект состава или пиротехнического изделия;

ж) перед вводом окислителя в пиротехнический состав строго соблюдать положение технологии изготовления данного изделия о степени измельчения химиката-окислителя, пропуская его через сито соответствующего размера ячеек.

Из различных таблиц, которые даются в виде приложения в конце книги, можно получить многие другие данные о свойствах не только окислителей, но и горючих, цементаторах, катализаторах и других компонентах пиротехнических составов.

Горючие

Основные требования

Горючие-металлы, их порошки из частиц различного диаметра и их роль в пиротехнических составах; горючие-нemetаллы; роль каждого из них в составах; характеристика каждого компонента-горючего; с какими химикатами нельзя смешивать и почему. Требования техники безопасности при работе с химикатами-горючими.

При выборе горючего надо учитывать многие факторы и свойства каждого из них. Для пламенных горючих это высококалорийные и средней калорийности порошки металлов, которые, окисляясь, дают необходимое свечение; для дымовых составов нужны горючие, образующие при своем сгорании большое количество газов; кроме того, еще и дымообразующие. Применяемые в пиротехнических составах горючие должны отвечать основным требованиям:

а) быть химически и физически стойкими при перепадах температуры от 60 до -60°C, быть по возможности устойчивыми к действию слабых растворов и щелочей, так как окислителями чаще всего бывают соли щелочных и кислотных металлов;

б) быть малогигроскопичными, еще лучше — не гигроскопичными;

в) иметь теплоту горения, обеспечивающую требуемый эффект наилучшим образом;

г) легко окисляться (вступать в реакцию) за счет кислорода окислителя или за счет кислорода среды;

д) требовать для своего сгорания минимального количества кислорода;

е) легко измельчаться (по возможности);

ж) не оказывать токсического действия на организм человека при обработке и не выделять токсических продуктов реакции при горении, потому что наши изделия употребляются, там где присутствует много людей.

Все горючие можно разделить на несколько категорий:

а) неорганические: металлы — магний, алюминий, сплавы алюминия с магнием в различных пропорциях и различного размера, реже сплавы циркония и сам цирконий, а также титан, цинк, железо, марганец, вольфрам, сурьма; неметаллы — фосфор, углерод (древесный уголь, сажа), сера; сульфиды фосфора (P_4S_3), сурьмы и другие, а также карбиды, силициды, фосфиды-металлов.

б) органические горючие: бензол, толуол, нафталин, антрацен; углеводородные смеси — бензин, керосин, нефть, мазут, асфальты, сахар молочный и свекловичный, древесные опилки и сложные вещества других классов — стеарин, уротропин, дициандиомид, тиомочевина и другие горючие.

Основными горючими в пламенных пиротехнических составах нашего производства являются алюминий и магний, металлы более дешевые, чем цирконий, титан и другие редкоземельные элементы.

Al — алюминий — металл, порошок, стружка. В пиротехнике применяется более пяти разновидностей порошка от пудры до № 1 (самого крупного) и стружки. Химически активен, дает хорошее сечение, окислению препятствует оксидная пленка —

Горючие

оксид (Al_2O_3). Применяют в пиротехнике и сплав **Al** с **Mg** (магнием) четырех фракций (размеров частиц) от крупного № 1 до самого мелкого № 4. С щелочными нитратами натрия, калия, лития быстро разлагается. Смеси с этими нитратами не рекомендуются. Лучший нитрат в смесях с порошками **Al** — нитрат бария ($Ba(NO_3)_2$). Именно на этой смеси сделаны почти все фотовспышки и другие пиротехнические изделия недлительного хранения. Нестойки смеси **Al** с марганцево-кислым калием ($KMnO_3$) из-за обменной реакции. Не рекомендуется смешивать порошки **Al** (пудру тем более) с бертолетовой солью ($KClO_3$), так как такая смесь весьма чувствительна к механическим воздействиям. Взвесь алюминиевой пудры в местах работы при большой концентрации в воздухе способна взрываться от малейшей искры.

Плотность **Al** = 2,7 г/см³, температура воспламенения порошка № 4 на воздухе 800°C, температура плавления = 660°C, кипения 2500°C. Температура плавления оксида алюминия (Al_2O_3) = 2030°C, температура кипения (с разложением) 3000°C. Количество **Al** (в граммах), сгорающее за счет 1 грамма кислорода, = 1,12.

Mg — магний — металл, как и **Al**, магний в пиротехнике применяется в виде порошка. Он имеет четыре разновидности от номера 1 (МПФ-1) — магния порошок фрезерованный — до номера 4 (МПФ-4). В инертном газе в шаровых мельницах стружка после фрезерного станка дробится и просеивается на разных ситах. Отсюда получаются зерна **Mg** разного размера: №№ 1, 2, 3, 4. Магний очень активный металл, но его защищает, так же, как и **Al**, защитная пленка MgO . Оксидная пленка **Mg** менее прочная,

нежели Al, более пористая, и потому порошки магния в одинаковых с Al условиях скорее приходят в негодность. Применяется магний в осветительных составах, составах цветных, фейерверочных, имитационных огней. Защита порошков магния в кислых смесях — различные масла, стеарин, парафин. Порошки магния не рекомендуется смешивать с хлоридом аммония (NH_4Cl), с серой (S) смесь магния недопустима. С тяжелыми металлами и их солями ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) — не имеет смысла из-за обменной реакции: $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Mg} = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Pb}$. Смесь Mg + KClO_3 не стойка из-за окисления, такой состав очень чувствителен к трению и удару. Плотность Mg = 1,7 г/см³; температура воспламенения порошка № 4 на воздухе = 550°С; температура плавления = 650°С; температура кипения = 1100°С. Оксид магния MgO имеет температуру плавления = 2800°С. ПАМ — порошок алюминиево-магниевый — сплав Al и Mg, также имеет размер зерен от номера 1 до 4. Надо отметить, что сплав алюминия с магнием в пропорции = Mg_3Al_2 содержит 54% магния, плотность его = 2,15 г/см³; температура плавления — 463°С. Этот сплав выгодно отличается от других сплавов Al+Mg тем, что меньше корродирует, весьма хрупок, и поэтому его легче измельчить. Соблюдать все предосторожности, как с порошками алюминия.

Zr — цирконий — в кинопиротехнике не применяется из-за дороговизны, применяется в пиротехнических замедлителях ракетной или космической техники. Весьма стоек к коррозии, к тому же порошок циркония почти всегда содержит значительное количество гидрида = ZrH. Грубые фракции порошков циркония воспламеняются при

Горючие

температуре 180–200°С. Температура воспламенения тонкого порошка циркония 80–85°С. Работа с такими порошками опасна, особенно в условиях полукустарных производств.

Плотность Zr = 6,5 г/см³, температура воспламенения на воздухе = 180–200°С; температура плавления = 1868°С; температура кипения = 4750°С. В одном грамме кислорода сгорает 2,85 грамма циркония. Оксид циркония ZrO_2 плавится при температуре = 2700°С, кипит при температуре 4300°С.

Ti — титан — в кинопиротехнике не применяется из-за высокой цены. Теоретические показатели титана очень хорошие. Смеси титана стойки к агрессивным химикатам. В оборонной промышленности используется в зажигательных и дымовых смесях, в ракетной и космической технике. Ti в последнее время стал доступен в порошках различной величины. Многие пиротехники используют его в качестве искрообразующего элемента. Фонтаны с порошками Ti пользуются большим спросом. Эффектны форсы и звезды из Ti.

S — сера — традиционное пиротехническое горючее. В пиротехнике применяется тонко измолотый порошок, очищенный от добавок сера применяется в дымных порохах, фейерверочных составах. При применении не путать с так называемым «серным цветом». Это тоже сера тонкого помола, но добыта из конденсата и содержит большое количество серной кислоты. Составы с этим химикатом могут самовозгораться и поэтому опасны. Сера не токсична. Не рекомендуются двойные смеси с хлоратами из-за крайней опасности, может произойти самовозгорание на рабочем столе. Относительный атомный

вес = 32,064; плотность = 2,06 г/см³; температура кипения = 444,6°C; в воде не растворима, в спирте плохо растворима; легко растворяется в сероуглероде: при 0°C в 100 граммах сероуглерода растворяется 46,1 г серы, при 55°C — 181 г. серы в 100 граммах CS₂.

Форма кристаллов серы — ромбическая. Цвет желтый. Плохо проводит тепло и электричество. На воздухе сера воспламеняется при температуре начального импульса не ниже 260°C и горит слабым синим пламенем. Получают серу в виде минерала в земле, в горных породах, в горючих сланцах. Получают ее и из сероводорода, который содержится в природных газах. Твердость = 2,5. Удельная теплотворная способность 0,172 калории из грамма. Сера представляет собой важнейший носитель пламени в безопасной зажигательной смеси спичечной массы и является наилучшим горючим во многих пиротехнических рецептах.

Сера известна в этом качестве с незапамятных времен, то есть до изобретения пороха. В некоторых пиротехнических рецептах серу заменили канифолью или другими смолами, но благодаря тому, что при сгорании серы легче регулировать реакцию, сера, как и прежде, является основным носителем пламени в пламенных составах пиротехнических изделий. Активность обменной реакции серы зависит от удельной поверхности, от концентрации (количества в смеси) и от имеющегося кислорода. Исследования в отношении различных концентраций при постоянном содержании KClO₃ показали, что содержание серы до 1% уже является достаточным, чтобы обеспечить горение, чтобы произошла реакция. При содержании в смеси серы более 1% быстро растет

чувствительность состава к механическим воздействиям. Повышение содержания серы в пиротехнических составах более расчетных не способствует улучшению этих составов, смесей. Фактически при небольшом содержании серы (0,5–1%) и содержании хлората калия (KClO₃) около 50% в смесях обеспечивается хорошее взаимодействие, так как обычно в таких смесях присутствуют другие элементы и вещества, более того: в смесях излишнее содержание серы приводит к медленному горению этих смесей. Надо помнить, что большое содержание серы в рецептах и их изделиях увеличивает образование двуокиси серы — опасного химиката. Надо помнить и о том, что в порошке серы очень много примеси различных веществ, особо опасной является окись кремния (SiO₂). Примеси в порошках серы других веществ приводят к значительному повышению чувствительности смесей с серой к механическим воздействиям. Поэтому степени чистоты серы следует придавать особое значение. Качество серы и ее чистота в рецептуре изделий нашего цеха в особых проверках не нуждается. Мы изготавливаем пиротехнические изделия с большим запасом надежности в отношении требований техники безопасности. Рецепты наших изделий рассчитаны на серу с большим допуском посторонних примесей. Но есть пиротехнические производства, где сера должна содержать в своей массе не более 1% посторонних примесей.

С — углерод. К углеродам относятся: алмаз, графит, древесный уголь, сажа. Алмазы — из-за дороговизны в пиротехнике не применяются; графит требует для своего воспламенения очень высокой

температуры и поэтому в пиротехнике почти не применяется. Нам остается сажа и древесный уголь. Условно именно древесный уголь мы называем «углеродом», именно о нем и будем говорить. Соединения с углеродом называются карбонатами. В таком углероде много других примесей — от 25 до 40%, (это зависит от температуры, при которой была сделана перегонка древесины в древесный уголь). Как горючее древесный уголь не стабилен, поэтому каждый раз, при поступлении новой партии древесного угля, прежде чем производить массовой серией какие-то пиротехнические изделия, древесный уголь надо проверить. Чаще всего приходится менять его соотношение как компонента по этим причинам. Для искрящихся составов удобен уголь, приготовленный из твердых пород лиственных деревьев: дуба, граба, букса, ясения, березы, ольхи. Для подготовки пороховой мякоти, пороха, в форсовых составах лучше зарекомендовал себя уголь из мягких пород лиственных деревьев: липы, осины, тополя, ивы. Рассмотреть эти сорта угля можно по их твердости и звуку, который они издают при ударе. Твердые сорта дают «звонкий» звук. Уголь из хвойных пород деревьев в пиротехнике не применим. Большая концентрация угольной пыли в помещении может привести к взрыву, поэтому помещения, где происходит размол, просеивание и развеска угля, должны часто проветриваться. При работе с углем надо пользоваться защитными средствами — респираторами, ватно-марлевыми повязками. Древесный уголь не токсичен.

Сажа — горючее, жирный уголь. Наравне с древесным углем применима в пиротехнике; есть смеси с сажей цветных и белого дымов, искристые

Горючие

составы, где вводится сажа от 3% до 8%. Сажа — легковесный летучий материал, ее взвесь в воздухе помещения может быть большой концентрации. Это опасно в пожарном отношении. Сажа не токсична. Средства защиты органов дыхания, как при работе с углем.

B — бор, «аморфный бор» — порошок темно-коричневого цвета, имеет мелкий размол (дисперсность) менее 1 микрона, неметалл; рецепты с бором дают хорошие составы с отличными характеристиками, однако в гражданской пиротехнике применять бор (B) накладно из-за его дороговизны. Пиротехники кино с бором практически не работают, хотя возможности его велики.

P (кр) — фосфор (красный) — порошок темно-красного цвета, гигроскопичен, поэтому фосфор хранят в герметичной посуде. В соединении с влагой воздуха образуется фосфорная кислота ($\text{PH}_2\text{O(OH)}_2$). В пиротехнике применяется с нейтрализаторами (окисью цинка, карбонатом кальция, окисью алюминия) и становится более устойчивым. Применяется и с клеевыми добавками: крахмала ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), декстрина ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) на спирте.

Никогда нельзя делать сухих (без увлажнения) смесей фосфора с хлоратами — они образуют весьма чувствительные и потому опасные смеси. Нельзя смешивать сухие компоненты фосфора со всеми окислителями. Фосфор красный применяется в терочных, капсюльных, пистонных составах. Фосфор белый в пиротехнике не применяется. Работать с фосфором и его составами надо в респираторах и резиновых перчатках.

Si — кремний (силициум) — неметалл, хотя кремний обладает всеми характеристиками металлов, особенно в пиротехнике, где применяется как

ПИРОТЕХНИК

горючее; намного депривле бора (В); темно-серый порошок. Сам не воспламеняется, но имея высокую температуру сгорания, Si применяется, в основном, в зажигательных смесях, в частности, в спичечной промышленности.

Sb_2S_3 — сурьма трехсернистая — антимоний. Цвет кристаллов оранжевый или черный, имеет характерный металлический блеск; измельчается легко; применяется во многих пиротехнических составах, в зажигательных, в бенгальских огнях, в терочных составах спичек, хлопушках. Сурьма трехсернистая чаще других сульфидов используется в пиротехнике и лучше других изучена и опробована на практике. Ее молекулярная масса + 340, плотность = 4,5 г/см³, температура плавления = 548°C. При сгорании получаются два продукта: Sb_2O (окись сурьмы) и SO_2 (сернокислый газ); за счет одного грамма кислорода сгорает 2,36 г сурьмы трехсернистой. Весьма активное горючее. При работе с антимонием работать необходимо в респираторе и резиновых перчатках.

Веретенное масло — в специальной литературе «промышленное масло» — нефтепродукт, плотность его = 0,88–0,89 г/см³; температура вспышки = 160°C. Используется в пиротехнике как предохранитель порошков металлов от окисления и разложения (Al, Mg и др.), составы с веретенным маслом хранятся значительно дольше, чем без него. Надо сказать и о том, что в пламенных составах масло несколько ухудшает эффект, выделяя при горении большое количество дыма.

Второе применение веретенное масло нашло в нашем производстве при получении «тяжелого

Горючие

дыма» за счет возгонки при высокой температуре и мгновенном, резком охлаждении углекислым газом.

Скипидар — продукт перегонки смолистой древесины и смолы хвойных деревьев — растворитель лаков, смол, красок. Он отличается от предельных углеводородов (бензина, керосина, веретенного масла и прочего) большей легкостью окисления, легко воспламеняется при соприкосновении с концентрированной азотной кислотой. Смесь паров скипидара с воздухом взрывается. Работать со скипидаром рекомендуется вне помещений с большой осторожностью.

Цементаторы

Их роль и значение в смесях

Соединения, химикаты, о которых пойдет речь ниже, выполняют роль в пиротехнических составах не только цементаторов. Чаще это — горючие, выполняющие роль и цементаторов, и горючих. Нам уже встречались сложные вещества, но то были окислители, которые еще и окрашивали пламя в определенный цвет, то есть несли двойную функцию в пиротехническом составе. Теперь пришла очередь познакомиться с горючими, которые выполняют и функции цементаторов. Надо еще оговорить и такие явления среди горючих, которые несут функции и катализаторов, газообразующих, дымообразующих, пламягасящих в дымовых составах, химиках. За свою историю пиротехника, обогащаясь опытом и провалами, усилиями и исследованиями многих поколений пиротехников, нашла много ценных и незаменимых компонентов в составах, которые выполняют не одну, а две, иногда три функции. И это не должно никого смущать, а, наоборот, служить к отысканию новых соединений, которые выполняли бы самые разнообразные функции в пиротехнических составах и стоимость их была бы наименьшей.

Углеводы

Крахмал — картофельная мука — для расчета в рецептах берется $(C_6H_{10}O_5)_n$ — пищевой продукт, в пиротехнике — вещество связующее горючее. Служит цементатором в цветных огнях, а также при изготовлении нити стопина. Является основой декстрина $(C_6H_{10}O_6)$.

Цементаторы

Плотность крахмала = 1,6; в холодной воде почти не растворяется, в горячей растворяется значительно лучше. В кислой среде крахмал гидролизуется до виноградного сахара.

Сахар молочный — $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ — «лактоза»; получаемые из молока желтоватые, вязкие кристаллы. В смесях с хлоратами — весьма активное горючее, такие смеси чувствительны к механическим воздействиям. При невысокой температуре сгорания дает очень много газообразного продукта, хорошо окрашивающегося любым цветом красителя. Поэтому применим в цветных дымах. Плотность молочного сахара = 1,5 г/см³. Вода удаляется при температуре = 125°C; плавится при температуре около 200°C; с разложением на свои составные части. Молочный сахар безвреден.

Свекловичный сахар, тростниковый сахар — $C_{12}H_{22}O_{11}$ — пищевой продукт, как правило, в пиротехнике употребляется мало. Плотность его = 1,6 г/см³; плавится при температуре = 160°C; с небольшим разложением. Гигроскопичен. Пиротехнические рецепты ориентированы на молочный сахар — лактозу, который в пищу непригоден. Но при необходимости — эффект сгорания свекловичного сахара в пиротехнических составах тот же, что и при лактозе.

Древесина — $(C_6H_{10}O_5)_n$ — мелкие древесные опилки — в древесных опилках очень много клетчатки, в сухих опилках примерно 2/3 от всей массы. В пиротехнических изделиях древесина оттеснена другими химикатами совершенно незаслуженно. Это дешевое горючее-связующее. В нашем цехе очень мало рецептов с древесными опилками. Древесина безвредна.

Стеарин — $C_{17}H_{35}COOH$ — точнее, стеариновая кислота — продукт перегонки нефти; главное применение — изолирующий материал частиц порошков металлов от коррозии, пропитки бумажных гильз для некоторых изделий; употребляется в спичечном производстве. Хорошее горючее-цементатор и гидроизолятор. По литературным сведениям применяется в качестве основного горючего при производстве пламенных пиротехнических составов различных оттенков голубого огня. Плавится при температуре = 71°C , кипит при температуре = $359-383^{\circ}\text{C}$ (при атмосферном давлении), плотность невеслика = $0,94 \text{ г}/\text{см}^3$. Давно подмечено пиротехниками, что стеарин активен поверхностью, поэтому в рыхлых составах его активность велика, а в спрессованных он позволяет гореть составу ровно — без скачков и затуханий. Стеарин — отличный пластификатор-горючее. Технический стеарин представляет собой смесь стеариновой и пальмитиновой кислот. При работе с расплавленным стеарином необходимы меры защиты органов дыхания.

Парафин — $C_{26}H_{54}$ — такая формула парафина условна, она используется для расчетов в рецептах. Парафин — смесь насыщенных углеводородов, продукт нефтеперегонки, белая или желтоватая масса без запаха и вкуса. Плавится при температуре = $44-58^{\circ}\text{C}$, плотность = $0,88-0,91 \text{ г}/\text{см}^3$. Парафин менее химически агрессивен, чем стеарин, и поэтому в составах с порошками металлов более предпочтителен, но менее, нежели стеарин, пластичен; однако, составы с парафином хорошо сохраняются в спрессованном виде. Защита органов дыхания при работе с парафином — ватно-марлевая повязка.

Антрацен — $C_{14}H_{10}$ — это белые кристаллы «чистого» антрацена, его плотность = $1,25 \text{ г}/\text{см}^3$, температура плавления = 218°C , температура кипения = 342°C . Этот антрацен «химически чистый» и на его производство затрачивается много средств. Вводить его в составы черного дыма было бы большой бесполезностью, и каждый килограмм состава или одна шашка черного дыма стоили бы так дорого, что затраты не оправдали бы доходов. Особенно на батальных кинокартинах. Изомер антрацена — **фенантрен** — имеет такую же формулу ($C_{14}H_{10}$); по своим химическим и физическим свойствам — температура плавления = 99°C и температура кипения = 240°C еще более подходит для пиротехнических составов, так как для его реакции требуется меньше кислорода, а значит, и слабее окислитель или меньшее количество окислителя. Но фенантрен еще дороже антрацена. Мы же должны помнить всегда, что рецепт изделия должен быть из наиболее доступных и дешевых химикатов. Поэтому рецепты изготовления черных дымов разработали, основываясь на показателях технического антрацена, продукта весьма дешевого и не дефицитного в нашей стране.

Технический антрацен или то, что мы привыкли называть просто «антраценом», в массе своей содержит примерно лишь 25% чистого антрацена. 75% этой зеленовато-желтой или темно-зеленой массы составляют другие углеводороды. Если заняться разложением этого антрацена на отдельные фракции, его составляющие — мы можем выделить уже знакомый нам фенантрен ($C_{14}H_{10}$), карбазол ($C_{12}H_9N$) и другие углеводороды, а также различные масла, в том числе и эфирные, летучие. Но именно наличие

различных углеводородистых добавок и масел в техническом антрацене позволяет иметь вспышку антрацена уже при температуре = 150–165°C. С одной стороны, это не совсем хороший показатель для работы с техническим антраценом, так как низкая температура возгорания химиката — показатель его опасности при работе; с другой стороны, как уже было сказано выше, химикат с такой низкой температурой разложения будет хорошо реагировать с окислителем, имеющим небольшое количество кислорода или с небольшим количеством окислителя, богатого кислородом. Надо хорошо запомнить, что и антрацен (а речь идет о техническом антрацене, химикате весьма дешевом), и нафталин, и другие углеводородные соединения в пиротехнических составах выполняют роли не только горючих, но и дымообразователей, и газообразователей, что не менее важно, чем горючее в данных составах. Если бы нафталин и антрацен (а речь будет только о них, так как мы видели, что другие углеводороды почти не приемлемы в нашем производстве по разным причинам), были бы только горючими — мы бы от них отказались, потому что нам нужно дымообразование, и чём большее дымообразование дает нам та или иная смесь или отдельный химикат, тем более приемлемы они. И одно дымообразование само по себе, без большого газообразования еще не есть конечный результат наших поисков. Когда же дымообразование сочетается с большим количеством выданных газов, которые окрашивают дым, — мы считаем, что рецепт нас устраивает. И все равно, какой бы хороший эффект мы не получили, при появлении новых химикатов пиротехники должны искать

и пробовать новые сочетания химикатов, новые рецепты, стремясь к наивысшему эффекту при самой низкой его себестоимости и наипростейшей и безопасной технологии его изготовления.

Вот один из примеров — рецепт черного дыма на металлохлоридной основе:

1. Гексахлорэтан (C_2Cl_6) — 60%;
2. Магний порошок (Mg) — 19%;
3. Нафталин ($C_{10}H_8$) — 21%.

Сейчас никто из пиротехников не делает такого состава черного дыма, хотя в свое время эта смесь была лучшей. Однако, когда нет других химикатов, а черный дым нужен, — поневоле сделаешь и такую смесь. Надо помнить, что смесь, сделанная по этому рецепту, не отвечает требованиям длительного хранения: сначала улетучивается ГХЭ, потом улетучивается нафталин, к тому же, что эта смесь чувствительна к удару. Здесь можно заменить летучий нафталин на такое же количество антрацена; смесь будет лучше по всем показателям, особенно потеряет чувствительность к удару, значит, станет безопасной в производстве, хранении, перевозках и при пользовании. А если гексахлорэтан заменить бертолетовой солью ($KClO_3$), химикатом, богатым кислородом, — можно отказаться и от металлического порошка-горючего — магния. И когда посмотрели смесь черного дыма: бертолетова соль, плюс антрацен — пришли к выводу, что эта смесь выгодно отличается по всем параметрам от смеси на металлохлоридной основе. Для того, чтобы это понять, потребовались многие годы, много было проб и ошибок. В нашем цехе было разработано много новых рецептов для изготовления черного дыма. Разработка новых рецептов — не

самоцель, не игра в новое. Как правило, новые составы, образующие черный или белый дымы, как, впрочем, и многое другое, разрабатываются в крайних ситуациях. А такие ситуации складываются весьма часто. Поэтому знание химиков, их свойств и характеристик придет на помощь в трудный момент коллеге-пиротехнику — такая у нас надежда, она-то и руководила нами при написании этого пособия.

Уротропин — $C_6H_{12}N_4$ — гексаметилентетрамин — бесцветные кристаллы, хорошо растворяется в воде и потому весьма гигроскопичен. Получается при конденсации формальдегида с амиаком. Содержит очень большое количество азота (N) и потому горит почти бесцветным пламенем, бездымен; применяется в цветных огнях; с небольшой добавкой окислителя имитирует горение газовых плиток. Многие пиротехники используют горение уротропина для создания эффекта «марево», когда воздух колеблется от жары. Уротропин является главной составной частью при промышленном производстве так называемого «сухого спирта». Уротропина в воде (в 100 граммах) растворяется 167 граммов. В этиловом спирте малорастворим; термически стоек, загорается трудно, особенно на площадке противня, при создании эффекта «марево». При работе с уротропином необходима защита: респиратор, очки, резиновые перчатки. После работы необходимо принять душ. Уротропин ядовит.

Дициандиамид — ДЦДА ($C_{24}N_4H_4$) — является в пиротехнических составах не только горючим, но еще и пламягасителем, поэтому в пламенных составах не применяется; широко применяется в

Цементаторы

цветных дымах. ДЦДА — кристаллы стекловидные; плохо растворяется в холодной воде, хорошо растворяется в ацетоне, в горячей воде, в подогретом спирте. При нагревании более 180°C разлагается, отщепляя амиак, что можно почувствовать по запаху. При работе с дициандиамидом необходимы респиратор, резиновые перчатки, частое мытье рук.

Тиомочевина — $CSN_2H_4(H_2NCSH_2)$ — кристаллический белый порошок — с хлоратами образует весьма активные составы, даже опасные, поэтому двойных смесей не рекомендуется делать. Тиомочевина содержит много азота, поэтому как горючее очень ценна, но имея в своей молекуле атом неокисленной серы, тиомочевина очень реакционна и тем опасна. Плавится при температуре = 182°C, плотность ее = 1,4 г/см³, в воде слабо растворима, поэтому считается не гигроскопичной. В нашем производстве тиомочевина применяется во многих пиротехнических изделиях, в цветных дымах, во вспышках, в имитаторах взрывов. Тиомочевина ядовита, при работе с ней необходимы меры защиты органов дыхания и открытых частей тела.

Органические полимеры

Связующие вещества

В своем производстве мы чаще других используем в роли связующих (цементаторов): масло ветреное, олифу натуральную, канифоль, декстрин; искусственные смолы: бакелиты, идитол, эпоксидные смолы, шеллак и другие лаки, но в пиротехнике применяют в качестве связующих нитроклетчатки, асфальты, битумы и растворы каучука. Требования к

таким связующим веществам особые: они не должны растворяться в воде, иметь полную сопротивляемость гниению и разложению, что происходит с kleящими веществами животного происхождения; эти вещества должны растворяться в органических растворителях и иметь способность при высыхании к образованию пленки из своих растворов для надежной защиты от попадания влаги в готовое изделие.

Идитол — $C_{13}H_{12}O_2$ (условная формула для расчета рецептов) — «новолак», «новолачная» смола — комки янтарного цвета с красноватым оттенком. Получают конденсацией избытка фенола с формальдегидом в присутствии какого-либо кислого катализатора, например HCl . При обычной температуре легко измельчается в порошок. Можно вводить в пиротехнические составы в виде порошка с последующим введением в состав спирта, можно и в виде спиртового раствора. При высыхании спирт улетучивается, идитол же остается прочной пленкой. Меры защиты: респиратор, перчатки, проветривание помещения, где работают с идитолом. Идитол хорошо растворяется в этиловом спирте, у нас в цехе он — горючее-связующее во многих рецептах цветных огней; отличный цементатор. Температура его размягчения $97-100^{\circ}C$, не ниже. Красноватый оттенок идитолу придает большое присутствие свободного фенола.

Бакелиты — $C_{12}H_{11}O_2$ (формула условна); по другим источникам — $C_{14}H_4O_3$ — искусственная смола, получаемая конденсацией фенола с избытком формальдегида в присутствии щелочного катализатора (аммиака). В пиротехнических составах, как и идитол, применяется в качестве

связующего горючего. Бакелиты устойчивы к химическим воздействиям, являются хорошей защитой активных металлических порошков в смесях с нитратами и хлоратами. Бакелит «A» размягчается при температуре $75-100^{\circ}C$, он хорошо растворяется в этиловом спирте. Если нагревать бакелит «A» выше $100^{\circ}C$, он переходит в форму «B». С дальнейшим повышением температуры до $180^{\circ}C$ его форма меняется и переходит в бакелит «C». Бакелит «C» — неплавкое вещество, не размягчается, не растворим в большинстве органических растворителей, очень устойчив к химическим воздействиям и обладает большой механической прочностью. Мы работаем с бакелитом формы «A» в виде спиртового лака. Если составы с примесью бакелита «A» нагреть в спрессованном виде до температуры $150-180^{\circ}C$, то бакелит «A» через форму «B» перейдет в форму «C», чем весьма укрепит наше изделие не только химически, но и механически. Надо учесть, что изделия, изготовленные таким методом, будут очень стойки и к лучу огня, то есть возгорание таких изделий потребует или специального зажигательного состава, или более мощного начального импульса. Иногда в изделиях требуется не только зажигательный состав, но еще и переходный — от зажигательного к основному. Но об этом речь впереди. Бакелиты применяются в термитно-зажигательных смесях, в осветительных составах. Бакелит употребляется в некоторых составах цветных звездок для «бураков» и «люсткугелей». При работе с бакелитами обязательно проветривать помещение. Бакелиты токсичны.

Канифоль — $C_{20}H_{30}O$ — естественная смола, получаемая из древесины и смолы хвойных деревьев, обработанная высокой температурой; низкая температура плавления канифоли (немногим выше 65°C) не дает возможности получать тонкие порошки и изучить все ее возможности. Главной составной частью канифоли является ненасыщенная абиетиновая кислота ($C_{20}H_{30}O_2$). Плотность = $1,0\text{--}1,1 \text{ г}/\text{см}^3$. Канифоль растворима в этиловом спирте, эфире, бензоле, частично в бензине; при нагревании растворяется в олифе. В качестве горючего канифоль применяется в составе павильонного дыма. В качестве связующего канифоль очень редка. Большая концентрация пыли канифоли в воздухе взрывоопасна. Канифоль не вредна, однако при работе с канифолью в помещении надо надевать респиратор или ватно-марлевую повязку (ибо канифоль забивает дыхательные пути, покрывает пленкой слизистую носа и глаз). После работы обязателен душ.

Резинаты — получаются от сплавления солей металлов с канифолью, вернее, с абиетиновой кислотой. Так, резинат кальция получается сплавлением канифоли с гашеной известью при температуре $230\text{--}240^{\circ}\text{C}$, после чего получается резинат кальция — $(C_{19}H_{29}COO)_2Ca$. Однако эта формула берется только для расчета при составлении новых смесей, новых рецептов. Резинаты бывают не только кальция, но и стронция, и калия, и других металлов. Плотность резината кальция = $1,2 \text{ г}/\text{см}^3$; условная молекулярная масса = 643; за счет сгорания 1 г кислорода резината кальция сгорает 0,61 г. Если рассмотреть элементарный состав резината кальция, то увидим, что он содержит: углерода — 75 атомов,

Цементаторы

водорода — 9 и кислорода — 10 атомов. Резинат кальция растворяется в бензине или в смеси бензина со спиртом 1:1. Резинат кальция в пиротехнических составах дает яркое белое пламя. В нашем производстве почти не употребляется. Из других резинатов интересен резинат стронция ($Sr_{20}H_{30}O_2$). Смеси с резинатом стронция дают чистое красное пламя. Применяется в оборонной промышленности, в ракетной и космической технике. В иностранной литературе есть несколько рецептов с резинатами, но для нас они непригодны из-за своей высокой стоимости. Резинаты почти безвредны, при работе с ними надо только защищать органы дыхания от пыли. Для этого годится даже ватно-марлевая повязка или простейший респиратор «Лепесток».

Олифа натуральная — $C_{16}H_{28}O_2$ — вязкая жидкость бурого цвета. Получают олифу продуванием воздуха через нагретое до 160°C льняное или конопляное масло. В малярном производстве в олифе добавляют различные добавки — «сушители», способствующие скорейшему высыханию олифы. В пиротехнике такие добавки невозможны. У нас употребляется чистая олифа. Для некоторых составов можно применять раствор канифоли в олифе, но только в тех рецептах, где указана канифоль в качестве компонента со своим процентным соотношением. Олифа не ядовита.

Декстрин — $C_6H_{10}O_5$ — клей растительного происхождения. Получен из крахмала путем нагревания с разбавленными кислотами. Желтый порошок, легко растворяется в горячей и холодной воде, как клей готов к употреблению без предварительной подготовки. Как горючее-связующее — улучшает

чистоту пламени в цветных огнях. Продукт недорогой, безвредный. В пиротехнических составах широко применяется и как компонент, и как kleящее вещество. Клей можно получить из кукурузы, из картофеля. Это продукт расщепления переменного, еще не точно изученного в деталях, состава, который образуется в результате разложения крахмала под действием ферментов и высокой температуры (180–200°C) или кислот. Декстрин состоит из точно не известного количества молекул глюкозы, и потому его формула является приблизительной, но она хороша для подсчета при расчете в рецептах и пиротехнических смесях. Однако надо помнить, что декстрина есть по меньшей мере две разновидности: декстрин «а» — $(C_6H_{10}O_5)_5$ и декстрин «б» — $(C_6H_{10}O_5)_6$.

Шеллак — $C_{16}H_{24}O_5$ — естественная смола, аморфная твердая коричневая чешуйка. В России не добывается. Покупаем мы ее в странах Юго-Восточной Азии. Хорошо растворяется в спиртах, ацетоне, эфире, скапидаре. В воде не растворяется. В пиротехнических составах употребляется в виде лака, лачного раствора в спирте. Применим и в спекаемой смеси с окислителем с последующей размолкой двухкомпонентного состава до необходимой величины частиц. Так, для пламенных составов красного цвета шеллак смешивают с нитратом стронция и спекают в открытом виде до однородных кусков неправильной формы с последующим их измельчением. Шеллак в России дефицитен и дорог, однако малодымные и химически стойкие составы цветных огней оправдывают его применение в пиротехнических составах. Шеллак безвреден.

Цементаторы

Смола ФР-12 — фенольно-резерциновая, применяется в качестве горючего-связующего, цементатора в газообразующих составах, обязательно с отвердителем-параформом. Активное горючее с нитратами, скорость горения составов со смолой ФР-12 близка к скорости горения дымного черного пороха. Работа со смолой требует дополнительного оборудования из-за вязкости смолы, а при добавлении параформа — для быстрого высыхания. При работе со смолой ФР-12 рекомендуются респираторы из-за ее летучих свойств в смесях с параформом.

Сырой буроугольный воск — озокерит, «монтан воск», «горный воск» — продукт перегонки бурого каменного угля. Применение — самое широкое в качестве горючего-связующего в составах цветных огней и различных составах белого дыма. Из-за низкой температуры плавления (около 75°C) горный воск при размалывании летом может спекаться в монолит прямо в шаровой мельнице. Поэтому его рекомендуется размалывать зимой, при низких температурах. Хорошо размалывается до тонкого порошка, не гигроскопичен, хранится без слеживания и кристаллизации, безвреден, не опасен. При размолке, просеивании и работе с пылящими составами защита органов дыхания — простой респиратор «Лепесток» или марлевая повязка. Горный воск не растворим в воде, легко растворяется в спирте, бензине, ацетоне. Употребляется в виде порошка с последующим вводом растворителя, покрывает надежной прочной пленкой отдельные компоненты состава, а при среднем давлении запрессовки цементирует пиротехнические смеси.

Катализаторы

Катализаторы — это элементы, а чаще химические вещества, которые вводятся в пиротехнические составы для ускорения горения этих составов. Проблема катализа при горении пиротехнических составов еще полностью не разрешена. Опыты в лабораторных испытаниях показали, что катализаторы наибольшее влияние имеют в пиротехнических смесях с низкой температурой горения. С повышением температуры горения составов, как правило, повышается и внутреннее давление продуктов сгорания, а при таких условиях роль катализатора будет уменьшаться. Во многих пиротехнических составах они не употребляются вообще, так как горение поддерживается на высоком уровне за счет сгорания компонентов: окислителя и горючего, дополнительных специальных химикатов; солей, окрашивающих пламя в заданный цвет; горючих, образующих много дыма или много газов. Многие катализаторы-химикаты вводятся в составы не в качестве катализаторов, но выполняют эту функцию параллельно со своей основной задачей как равноправного компонента. Об этих химикатах и пойдет речь ниже.

Аммоний хлористый — NH_4Cl — нашатырь. Технический аммоний хлористый весьма гигроскопичен. В пиротехнике употребляется «аммоний хлористый» — «чистый». Это дымообразующее горючее, способное к обменным реакциям в смесях с хлоратами, но в присутствии с другими компонентами аммоний хлористый более химически стоек. Основное применение: в различных дымовых составах с низкой температурой горения, где он

Катализаторы

выполняет и роль катализатора. Аммоний хлористый применим и в составах цветных огней, где также выполняет функции катализатора, так как цветные звездки, например, горят в воздухе. Аммоний хлористый не токсичен.

Двуокись марганца — MnO_2 — пиролюзит. Черный или коричневый порошок; как катализатор снижает температуру горения хлоратов на S , если добавить в пиротехнический состав всего 5% от общего объема состава. Токсичен. Ядовит. Резко повышает чувствительность пиротехнических смесей с хлоратами к механическим воздействиям. Смешивать такие составы надо обязательно в спиртово-водной среде. Готовое изделие просушить. Молекулярная масса $\text{MnO}_2 = 87$, плотность = 5,0 г/см³, температура плавления больше либо равна 500°C, активного кислорода в составах имеет 37%. Используется в термитных смесях. При работе с двуокисью марганца пользоваться противогазом, резиновыми перчатками. После работы обязателен душ.

Окись кобальта — Co_2O_3 — черно-серые кристаллы — чистый катализатор, по своим свойствам и характеристикам в пиротехнических составах производит такие же действия, как и двуокись марганца. Воздерживаются от смесей с хлоратами, особенно в сухом виде. Токсичен, ядовит. Все меры предосторожности при работе с окисью кобальта, как и с предыдущим химикатом (MnO_2).

Соединения хрома — $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ — бихромат аммония; CrO_3 — трехокись хрома; K_2CrO_4 — хромат калия — применяются как катализатор в газообразующих и искристых составах с нитратом аммония. Соединения хрома крайне токсичны,

ПИРОТЕХНИК

вызывают аллергию, особенно хромат калия K_2CrO_4 ; по этим причинам в нашем цехе рецептов и изделий с соединениями хрома мало. Людям с повышенной чувствительностью и больным аллергией работать с этими солями-окислителями, катализаторами не рекомендуется — может наступить шоковое состояние.

Желеистосинеродистое железо (берлинская лазурь, прусская синька, «милори») — $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ — порошок темно-синего цвета; не летуч, гигроскопичен — является катализатором в искристых и газообразующих составах, в некоторых фейерверочных изделиях. Не токсичен. Защита от пыли — ватно-марлевая повязка.

Пламягасители

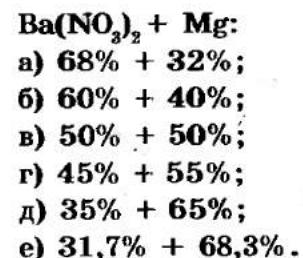
Пламягасители обычно в пиротехнических составах применяются при производстве дымов различного цвета. Хорошими пламягасителями зарекомендовали себя углекислые соли: мел — $CaCO_3$; углекислый магний — $MgCO$; фторид бария — BaF_2 — он же является и флегматизатором — химикатом, препятствующим слеживанию составов и перекристаллизации химикатов в составах при их длительном хранении; ортофосфат кальция — $Ca(PO_4)_2$. Продукты, выделяющие при своих реакциях углекислый газ — CO_2 , — являются пламягасителями. Как правило, все эти соединения — при работе с ними, при контакте — не токсичны. Но продукты их горения ядовиты. Это надо помнить всегда, когда применяются изделия с добавками пламягасителей в помещениях. Исключением может быть павильонный дым — состав, где CO нейтрализуется, соединяясь со свободным хлором, получаемым от горения бертолетовой соли и аммония хлористого.

Двухкомпонентные смеси и их значение при построении пиротехнических рецептов и изделий из них

Ранее мы выяснили, что для любой реакции, которая «пойдет вправо», то есть будет реагировать, будет гореть, нужны окислитель и горючее в обязательном порядке. Есть исключения, когда горючие без окислителей горят на воздухе. В таких случаях горючие берут кислород для своего окисления из атмосферного воздуха. Нам же необходима смесь, которая, сгорая, давала бы нужный эффект, заранее задуманный и рассчитанный. Все пиротехнические рецепты построены так, что сначала подбирают окислитель и горючее, а затем, вводя специальные добавки, добиваются нужного эффекта, то есть основой всех пиротехнических изделий является двухкомпонентная смесь. Если изделие сложное, то в одной пиротехнической смеси могут быть две и даже больше двойных смесей. Ниже, когда будет речь идти о тех или других рецептах сложных изделий, мы еще вернемся к этому вопросу и поговорим об этом подробнее. При знакомстве с окислителями одним из первых был нитрат бария $Ba(NO_3)_2$. Мы хорошо ознакомились с его свойствами, мы его знаем и непосредственно по производству, где его называем барием азотнокислым. А при знакомстве с горючими одним из первых был активный металл — магний (Mg). На основе этих двух компонентов мы попробуем сделать пиротехническую смесь и посмотреть, что из этого получится. Итак, у нас на рабочем столе лежат соль бария — окислитель и порошок магния — горючее. Самый тонкий порошок

Двухкомпонентные смеси

магния, которым пользуются киноприротехники, № 4; он намного крупнее зерен-частиц соли бария азотнокислого. Но у них и плотность довольно разная, поэтому в смеси, при небольшом начальном импульсе они реагируют хорошо и устойчиво. На этих двух компонентах-химикалах можно построить много рецептов:



В данном случае мы убавляли окислитель — $(Ba(NO_3)_2)$ и увеличивали процентное количество магния (Mg), причем увеличивали Mg довольно большими дозами и соответственно такими же дозами уменьшали количество $Ba(NO_3)_2$. Вы не могли не заметить, что, например, между первым и вторым рецептами, количество Mg увеличилось сразу на 8%, а количество $Ba(NO_3)_2$ на столько же уменьшилось. Каждый из нас, без посторонней подсказки, знает, что между этими двумя — первым и вторым рецептами находится еще много возможных вариантов рецептов пиротехнических смесей. У нас есть возможность брать не только по одному из этих 8%, но и десятые доли процента, как это показано в последнем рецепте. Именно здесь и заложены те возможности влияния на пиротехнические изделия, на их заданность, которые мы и используем в своих целях при разработке новых рецептов и изделий. Надо заметить, что с увеличением количества магния и

уменьшением количества нитрата бария будет возрастать яркость вспышки, скорость горения в таких смесях не уменьшится. Мы говорили об увеличении количества магния в этих смесях, но если прочитать эту шкалу рецептов снизу вверх, то получится наоборот, количество магния будет уменьшаться. В таком случае яркость вспышки будет уменьшаться, потому что свечение пламени в таких смесях дают порошки активных металлов. Соль бария, в данном случае — нитрат бария $Ba(NO_3)_2$, будет только способствовать светимости пламени. Вспышки всех этих составов будут яркими, и цвет у них будет белый. Мы же знаем, что соли бария (Ba) окрашивают пламя в зеленый цвет, значит, пламя магния преобладает над пламенем соли бария. Примерно так же будут выглядеть смеси с алюминием (Al), цирконием (Zr) и титаном (Ti).

Для осветительных изделий, для вспышек и имитаторов, для всех пиротехнических эффектов от нас, пиротехников, требуется, как правило, видимость этого эффекта, чтоб его можно было зафиксировать в кино. На этой основе и разрабатываются все рецепты для кинопиротехники. Мы знаем, что таблица Менделеева содержит в своем составе около 105 элементов. Соединений различных элементов очень много, а мы познакомились с 35–50 из них. Возможности расширения применения других химикатов далеко не исчерпаны в пиротехнике. В качестве окислителей есть большой запас химикатов, а в качестве горючих мы ограничены, в основном, стоимостью этих химикатов и элементов. Так, из горючих металлов у нас употребляются алюминий и магний, а

Двухкомпонентные смеси

также сплав этих двух металлов. При работе, при разработке новых рецептов следует исходить из тех материалов, которые легко достать, — купить за небольшое время и за небольшие деньги. Причем вторая причина наиболее весома. Каждый пиротехник должен стремиться к тому, чтобы сделать пиротехническое изделие, отвечающее требованиям, но более дешевое, несложное по изготовлению и безопасное не только по применению, но и по своему токсичному действию на людей и животных. Компоненты изделий должны быть подобраны так, чтобы избежать по возможности нежелательного излучения в других спектрах или частях спектра. Элементы, получающиеся при горении состава, должны быть такой окраски, которая задумана именно для этого изделия. Они должны быть летучими и уже при температуре в $1000^{\circ}C$ полностью переходить в газообразное состояние. Этим требованиям полностью отвечают хлораты щелочных металлов. На второе место можно поставить нитраты, которые имеют температуру плавления и перехода в газообразное состояние $1200^{\circ}C$.

О составах цветных огней в пиротехнических изделиях со многими необходимыми компонентами.

Их характеристики. Составы цветных пиротехнических изделий.

Требования техники безопасности при их изготовлении и использовании

**Составы сигнальных и осветительных огней
обычно содержат компоненты:**

- а) окислители;**
- б) горючие;**
- в) соли, окрашивающие пламя, свечение;**
- г) хлорсодержащие соединения, улучшающие
окраску пламени;**
- д) неорганические горючие (порошки металлов,
повышающие силу пламени, свечения).**

Бывает, что окислитель хорош тем, что он является еще и красителем пламени, но он гигроскопичен. Составы с таким окислителем хранить долго нельзя — начинают разлагаться порошки металлов, и изделия приходят в негодность. В таких случаях ищут и находят другой компонент — негигроскопичный, богатый и хлористым содержанием, и кислородом. Однако надо помнить и о цвете пламени, значит, надо в рецептуру добавлять еще один компонент — для окраски пламени. Негигроскопичными, богатыми хлорсодержащими и содержащими кислород являются соли калия (К). Но соли калия дают белое пламя при своем горении, а необходимо получить цветное. Здесь нам помогут соли, окрашивающие пламя, свечение нашего состава, в небольших количествах.

O составах цветных огней

Очень хороши в таких смесях органические горючие, дающие бесцветное пламя, если горят одни; при горении других компонентов эти горючие усиливают цвет того красителя пламени, который является главным, хотя его в составе и не так уж много. Органические горючие, дающие бесцветное пламя: сера (S), водород (H), окись углерода (CO_2) — при горении на воздухе, при атмосферном давлении. В дневное время при сжигании этих горючих их пламя не видно, даже если чистого данного вещества содержится только 50% от всей массы вещества. При этом рассчитывать на полное сгорание веществ не приходится. Мы уже говорили о введении новых химикатов-компонентов в пиротехнические составы по мере их промышленного изготовления и пытливости пиротехников-предшественников. Вот такой пример: осветительный состав времен Первой мировой войны белого цвета: нитрат бария — 76%; алюминиевая пудра — 10%; порошок алюминия № 4 — 8%; сера — 4%; масло кастровое — 2%.

В то время этот рецепт военные пиротехники держали в большом секрете. Можно здесь же рассмотреть этот рецепт с другой стороны: нитрат бария, азотнокислый барий ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) должен при таком преобладающем, доминирующем присутствии окрасить пламя в зеленый цвет, сера (S), как органическое горючее, подчеркивающее только чужое пламя, должна была подчеркнуть пламя нитрата бария. Но этого не произошло из-за того, что алюминия, горючего неорганического, в общей сложности в данном рецепте находится 18%. Яркость его пламени

начисто забила цвет пламени бария нитрата. Дальнейшие предложения и искания пиротехников показали, что если в этот состав ввести фтористый натрий — NaF , криолит — Na_3AlFe или даже нитрат калия — KNO_3 , свечение такого состава поднимется на 15–20%. О белых огнях и их составах, которых наибольшее количество из всех других сейчас разработано, поговорим отдельно. Наша задача в данном разговоре — цветные огни, а старый рецепт мы привели в качестве примера, насколько возросли возможности пиротехники за такое исторически короткое время.

Желтые огни

В пламенных составах желтого цвета наиболее часто употребляют соли натрия, несмотря на их гигроскопичность. Самой ходовой из них является нитрат натрия — NaNO_3 . В цеховой книге рецептов можно найти много рецептов на основе нитрата натрия, и это несмотря на то, что книга является новой. В старой книге, которая, к сожалению, кем-то унесена и не возвращена, можно было проследить эволюцию отработки пламенных составов желтого, да и не только желтого, а и других цветных огней. Вновь начатая книга регистрации пиротехнических рецептов этой эволюции не отображает, но для сравнения можно посмотреть рецептуру в книге великого русского пиротехника П.С. Цытовича «Опыт рациональной пиротехники», изданной в 1894 году. Правда, уже тогда основу желтопламенных пиротехнических составов являл натрий азотнокислый. Вот, к примеру, состав для звездок желтого цвета: нит-

О составах цветных огней

рат калия — 37%; оксалат натрия (еще он называется щавелевокислый натрий) — 30%; магний № 4 — 30%; смола — 3%.

В этом рецепте нитрат калия (KNO_3) является окислителем дополнительным, а оксалат натрия ($\text{NaC}_2\text{O}_4\text{H}_2\text{O}$) выполняет две функции — и носителя кислорода, и соли, окрашивающей пламя в нужный нам цвет. Магний при горении дает яркость пламени, а смола является цементатором и вместе с магнием дополнительным горючим.

Второй рецепт желтого пламени: NaNO_3 — 74%; S — 8%; Al — 18% без цементатора; значит, он предназначен для сжигания не в спрессованном виде, а в порошке.

Такие порошкообразные составы предназначены для «фигурных» свечей. В магазинах, где продают пиротехнические изделия, «фигурные» свечи иногда называют «контурными» («контурными» их иногда называют и пиротехники младшего поколения). Этот рецепт показателен тем, что в нем 74% его массы составляет нитрат натрия. На долю двух горючих — серы (8%), которая в этом рецепте усиливает, подчеркивает цвет и силу горения нитрата натрия, и алюминия (18%), самого настоящего горючего, дающего основную часть пламени, свечения, приходится всего 26% общего объема состава. Еще один типичный рецепт желтопламенного состава; он предназначен для изготовления бенгальского огня и показывает доминирующую часть нитрата натрия в своем составе: NaNO_3 — 63%; S (сера) — 26%; С (уголь древесный) — 11%; идитол (или декстрин) — 2%.

Этот рецепт используется в консистенции густой сметаны, состав его должен прилипать к

отрезкам проволоки и потому разводится на воде или на спиртово-водной смеси, где цементатор — идитол ($C_{13}H_{12}O_2$) или декстрин ($C_6H_{10}O_6$). Эти вещества являются, в основном, цементаторами, хотя при высыхании в составах, как было сказано ранее, выступают и дополнительными горючими. Здесь стоит обратить внимание именно на это замечание, что цементаторы, как бы ни было мало их количества в общей массе пиротехнического состава, являются горючими, и этим нельзя пренебрегать в дальнейшем, при построении новых рецептов. Как бы ни было мало их количества, для того, чтобы реакция была полной, качественной, шла до конца, им, этим горючим-цементаторам, необходим кислород окислителя.

Красные огни

Красное пламя при горении дают соли стронция — Sr. Пиротехники исключают лишь фторид стронция — SrF , так как этот химикат дает не чистое красное пламя, а окрашивает его в желто-зеленый цвет, и поэтому в пиротехнических смесях не пригоден. Лучшим красителем пламени в таких смесях является монохлорид стронция — $SrCl$. Этот химикат за счет хлора горит лучше и окрашивает пламя в более интенсивный красный цвет. Однако хлорид стронция весьма гигроскопичен, уже при относительной влажности окружающего воздуха, 65% хлорид стронция превращается в мокрую соль — $SrCl \cdot H_2O$. Наиболее удобными и наиболее часто употребляемыми в пиротехнических смесях красного пламени в наших условиях являются нитрат стронция — $SrNO_3$, оксалат стронция или

О составах цветных огней

щавелевокислый стронций — SrC_2O_4 , а также, правда, реже, стронцианит, карбонат или углекислый стронций — $SrCO_2$. Необходимо заметить, что в составы красного пламени, в большинство их, вводят хлорат калия, бертолетову соль ($KClO_3$) и перхлорат калия ($KClO_4$). Как известно, эти соли калия дают бесцветное мощное собственное пламя, негигроскопичны, богаты хлором и кислородом, легко отдают кислород при реакциях. Как правило, к этим солям калия добавляют красящую соль. В данном случае добавляют соли стронция. Надо заметить, что соли калия после сгорания дают много шлака, а это не всегда хорошо. Рецептов на этих основах много, и на них мы не будем останавливаться очень подробно. С точки зрения пиротехников-теоретиков, как у нас в стране, так и в зарубежной литературе, все большее применение в рецептах пламенных составов, в том числе и красного цвета, находит прогрессивный химикат перхлорат аммония — NH_4ClO_4 . Есть и уже применяется на практике рецепт красного огня с перхлоратом аммония: перхлорат аммония — 40%; нитрат стронция — 35%; уротропин — 15%; тиомочевина — 5%; идитол — 5%.

Чистота цвета пламени этого состава (92%) — очень высокий показатель среди пламенных пиротехнических изделий. С точки зрения кинопиротехники этот состав не всегда, вернее, не во всех изделиях красного пламени удобен из-за того, что при горении перхлората аммония образуется очень большое количество дыма. В факеле такое количество дыма почти неприемлемо. Если факелы красного огня изготовлены по этому рецепту, — на них надо

ставить особую отметку — «образует много дыма, вблизи камеры обращаться осторожно». В «пожарах» же такой факел будет находкой. Хороши звездки для «бураков» и «люсткугелей» из такого состава, потому что ночью нужно свечение, дым в воздухе ночью не очень заметен. Выдержал много лет без изменений и такой состав красного огня, отработанный в нашем цехе: нитрат стронция — 65%; порошок магния № 4 — 11%; уротропин — 19%; озокерит — 5%; масло веретенное — 0,1%.

Здесь, наверное, надо обратить внимание на довольно большое количество уротропина ($C_6H_{12}N_4$) в этом составе. Такое его количество оправдано тем, что уротропин — хорошее горючее с бесцветным собственным пламенем, малодымен, при горении подчеркивает, усиливает пламя того цвета, который преобладает в составе. В нашем случае нитрата стронция — $Sr(NO_3)_2$ — 65%, и он является окислителем и красящей пламя солью одновременно. Порошок магния, составляющий 11%, усиливает свечение состава при горении, озокерит — цементатор и горючее, так же, как и масло, растворяющее озокерит, а при высыхании оставляющее озокеритовую пленку в изделии, защищающую состав от проникновения влаги, а значит, и от коррозии порошка магния.

Зеленые огни

По литературным данным, очень хорошие цвета зеленого пламени дает при своем сгорании таллий — Tl. Но это очень редкий химический элемент и потому очень дорог. Относительно таллия — поверим литературным сообщениям, возьмем себе на заметку и, при случае, может быть, попробуем его в пиротехни-

О составах цветных огней

ческом составе. А пока все пиротехники смеси для получения зеленого пламени приготовляют на основе солей бария (Ba). Составы зеленого огня с солями бария разрабатываются, как правило, с отрицательным кислородным балансом (КБ), потому что при наличии лишнего кислорода может протекать реакция разложения хлорного бария — $BaCl_2$ с образованием окиси бария BaO_2 , а окись бария и горит плохо, и плохо окрашивает пламя. Фторид бария — BaF_2 — для получения зеленого пламени в пиротехнике не применяется, так как его пламя смешено в желтую часть спектра. Очень хорошие цвета при своем сгорании обеспечивают хлорат бария. Но этот химикат у нас не применяется, так как его смеси весьма чувствительны и опасны при обращении. Перхлорат бария — очень гигроскопичная соль, а потому также не применяется в нашем производстве. В пиротехнических изделиях наибольшее применение и распространение получили две соли бария: нитрат бария — $Ba(NO_3)_2$ — употребим в большем количестве и углекислый барий, карбонат бария — $BaCO_3$ — в меньшем количестве. Именно они и дают зеленый цвет в пламенных пиротехнических составах. В качестве основных окислителей в таких составах чаще всего бывают: перхлорат калия — $KClO_4$, хлорат калия — $KClO_3$ и перхлорат аммония — NH_4ClO_4 . При этом хлораты и перхлораты несут двойную функцию: и как горючие, по богатству кислорода и легкому его отделению; и как хлорсодержащие соли, усиливающие пламя и его цвет, сами не являясь красящими пламя веществами. Вот несколько из множества рецептов составов зеленого пламени.

I. Нитрат бария — 40%; магний (МПФ-4) — 28%; гексахлорбензол — 30%; олифа — 2%.

II. Нитрат бария — 59%; магний № 4 — 19%; поливинилхлорид — 22%.

III. Нитрат бария — 45%; перхлорат калия — 16%; магний порошок № 4 — 26%; гексахлорбензол — 7%; окись меди (CuO) — 2%; олифа — 2%.

IV. Нитрат бария — 23%; перхлорат аммония — 49%; уротропин — 18%; идитол — 7%; тиомочевина — 3%; ферроцен — 0,2% сверх 100%.

Состав рецепта IV не сильно чувствителен к механическим воздействиям и имеет чистоту цвета около 90%. Зеленую окраску пламени можно получить и вводом в составы соединений бора (B), однако чистота цвета пламени с его добавками бывает недостаточной, бледной. Зеленый окрас пламени дает и медь, и ее соли на горелке, но в пиротехнических смесях в любых сочетаниях и с любыми химикатами пиротехники-практики не получили еще удовлетворительного зеленого пламени. Терять надежды не стоит. Химическая промышленность вырабатывает много новых химических соединений, поэтому новому поколению пиротехников может быть удастся найти хорошие сочетания и меди, и бора для зеленопламенных составов.

Синие огни

Характерные яркие линии в синей части спектра получены при сжигании индия (In) и его соединений. По теоретическим расчетам и утверждениям химиков-аналитиков, этот элемент периодической таблицы Менделеева был бы идеальным красителем для пламенных смесей голубого огня. Нам же, практикам, да

О составах цветных огней

еще при работе в кино, остается только верить теоретикам. Проверить на практике возможности индия мы не можем — нет его в нашем распоряжении. Высока его стоимость, редок на земле этот элемент. Синее пламя получают на основе горения монохлорида меди (CuCl). В качестве красителей пламени в пиротехнике используют малахит ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}$), сернокислую медь (CuCNS) и другие соединения меди, а также металлические опилки меди, прокипяченные в масле. Соединения меди сообщают пламени нечистую зеленую или синюю окраску, но всегда надо помнить о том, что смеси с медью для получения синего огня надо составлять: с большим дефицитом кислорода, с избыточным количеством хлора и чтобы температура горения смеси голубого огня не превышала 1000–1200°С.

В качестве отправной точки можно попробовать такой рецепт для получения голубого огня: хлорат калия — 46%; окись меди (CuO) — 15,5%; нитрат калия — 15,5%; сера — 23%.

Здесь надо сказать о том, что некоторым цветнопламенным смесям не повезло. Тем самым, о которых мы сейчас говорили: синему, голубому и фиолетовому. Пиротехники кино, где рецептура изделий зависит от пленок, менее всех виноваты в таком положении. Однако есть и другие отрасли, где пиротехники просто обязаны были давно найти безопасные и дешевые, а главное, хорошие чистопламенные смеси этих огней. Цветам: красному, зеленому и желтому в этом отношении повезло больше. А вот состав синего огня: хлорат калия — 61%; горная синь ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) — 19%; сера — 20%.

В данном составе сера взаимодействует с хлоратом калия с выделением свободного хлора, и в присутствии серы монохлорид меди не образуется. Если же в составе образуется монохлорид меди ($CuCl$) как промежуточный, то синего пламени добиться будет невозможно. Тем не менее, можно без натяжек говорить, что со временем выхода в свет в 1894 году книги Цытовича мало что изменилось в изготовлении огней фиолетового, голубого и синего.

Вот типичные составы цветных огней по данным некоторых зарубежных публикаций, и опять это цвета трех наиболее часто разрабатываемых смесей: красного, зеленого, желтого.

Компоненты смеси	Содержание, %				
	составы красного огня	составы зеленого огня	составы желтого огня		
Магний	40	29	16	26	9
Нитрат стронция	30	34	-	-	-
Нитрат бария	-	-	59	45	-
Оксалат берия	-	-	-	-	29
Перхлорат калия	20	29	-	16	50
Гексахлорбензол	5	4	21	7	9
Медный порошок	-	-	2	-	5
Окись меди	-	-	-	2	-
Масло	-	2	2	2	3
Асфальт	5	-	-	-	12
Силсоний *	-	2	-	2	-
					2

* - силсоний — фирменное связующее вещество, другими сведениями о нем автор не располагает.

О составах белого огня

Подбор химикатов для изделий.

Требования техники безопасности
при изготовлении смесей белого огня
и при их применении

Существует очень много комбинаций химикатов, при смешении которых получается белое пламя. Рецептам белого цвета придавали значение всегда потому, что это не только сигнальные огни, видимые на большом расстоянии в ночное время, но это и осветительные составы, в том числе и боевые, применяемые в военное время. Мы в кинопиротехнике применяем их с той же целью: это осветительные факелы различного назначения, диаметра, времени горения и вспышки. В качестве горючего в таких смесях берут один из обычных и постоянных, опробованных легких металлов — алюминий или магний. В качестве окислителей — нитраты и хлораты щелочных металлов. Из других компонентов можно выбрать химикаты, которые при своем сгорании дают белое пламя: сурьма чистая (Sb), антимоний сурьма трехсернистая ($Sb_2S_3(Sb)$), сера (S), нитрат калия (KNO_3), нитрат бария ($Ba(NO_3)_2$), фторид бария (BaF) и другие химикаты. Вот один из старых рецептов: нитрат бария — 56%; нитрат калия — 11%; фторид бария — 6%; порошок алюминия № 4 — 19%; сера — 8%.

Этот рецепт использовали в осветительных бомбах во время второй мировой войны почти все воевавшие страны. Компоненты, входящие в этот состав, недорогие, доступные. Производство не опасное. Можно было делать замесы на 1000 кг одновременно.

ПИРОТЕХНИК

Когда стали отмечать крупные победы на фронтах Великой Отечественной войны производством салютов, фейерверочное искусство получило дополнительный толчок в своем развитии. Требовалась новые красивые изделия. Пиротехники начали искать новые сочетания химикатов в своих составах. Выше приведенный состав не устраивал, потому что он не обеспечивал яркого пламени белого цвета — нитрат калия дает розоватый огонь, а нитрат бария — зеленый. И хотя присутствует много алюминия — 19%, пламя нужной яркости именно белого цвета не получалось. Однако состав этого пламени был тогда государственной тайной. В результате долгих опытов были найдены другие сочетания химикатов, обеспечивающих при горении белое пламя. В качестве главного окислителя взяли перхлорат аммония (NH_4ClO_4), к нему добавили горючие с низкой температурой кипения: уротропин ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$) и идитол ($\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{O}_2$); небольшая добавка, всего 3%, из антимония (Sb_2S_3) хорошо усилила свечение смеси и за счет цветов и оттенков в пламени белого огня. Ниже мы приводим полностью рецепт этого сочетания химикатов: перхлорат аммония (NH_4ClO_4) — 67%; уротропин ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$) — 17%; идитол ($\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{O}_2$) — 3%; антимоний — сурьма трехсернистая — 3%.

Итак, казалось бы, все хорошо. Но так не бывает. Этот состав, обеспечивающий при горании отличное белое пламя, выделяет очень большое количество дыма. Такая смесь хороша для фейерверочных изделий, сжигаемых на воздухе, ночью на стадионах и в парках. Вочных условиях дым рассеивается в воздухе позже горания звездок, а эффект от фейерверка великолепен, так как яркость, сила света и белый

О составах белого огня

цвет пламени позволяют видеть его на больших расстояниях. Вот несколько рецептов белого огня из зарубежной специальной литературы:

Компонентные смеси	Содержание, %				
	a	b	c	d	e
Алюминий	-	-	36	15	-
Магний	52	48	-	17	52
Сера	-	-	14	-	-
Нитрат натрия	39	42	-	-	-
Нитрат бария	-	-	-	55	38
Нитрат стронция	-	-	-	5	7
Перхлорат калия	-	-	50	-	-
Полиэфирная смола	9	8	-	-	-
Смола на основе поливинилхлорида	-	2	-	-	-
Льняное масло	-	-	-	3	3
Асфальт	-	-	-	5	-

В этих рецептах нет перхлората аммония, столь полюбившегося нам по предыдущему рецепту, который выделяет очень много дыма. Здесь мы видим присутствие легких металлов — магния и алюминия, которые при своем горении выделяют тоже очень много дыма; в наличии и цветнопламенные нитраты щелочных металлов, и перхлорат калия, которые, увы, также не бездымны. Но это не значит, что мы должны пренебрегать такими смесями при потребностях смесей белого пламени. Более того, при удобном случае надо каждую из этих смесей попробовать, посмотреть самому, сравнить с другими и уже потом делать личный вывод, составлять собственное мнение об эффекте, полученном при горении этих составов, и применять их на практике, которая у пиротехника может составлять всю жизнь.

Сложные смеси

Сложные смеси

До этого момента мы говорили о простых рецептах и смесях, которые представляли собой механические смеси двух или нескольких химикатов. Есть несколько усложненный метод получения некоторых компонентов для пиротехнических изделий. Ведь пиротехник, особенно кинопиротехник, — всегда экспериментатор, всегда в поиске. Готовые рецепты взять 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 получаешь, когда эта задача решена положительно. Конечно, для этого должны быть все слагаемые: химикаты, инструменты, приспособления, оборудование. Главное — иметь желание экспериментировать, заниматься лабораторно-исследовательской работой.

При этом необходимо всегда иметь при себе тетрадь, блокнот, а лучше журнал для записи результатов. Ученые люди говорят, что даже отрицательный результат — это тоже результат. Главное при исследовательской работе в пиротехнике — не увлекаться количеством состава, количеством смеси. При работе с незнакомыми химикатами и материалами необходимо принимать все меры предосторожности и безопасности, как в отношении себя лично, так и других людей, помещения, 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 нескольких 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.

Мы привыкли к тому, что яркость пламенным составам придают легкие металлы: Al, Mg, W, Ti и другие. Однако на практике может оказаться так, что нет этих металлов, порошков нужного калибра или несовместимость химикатов не позволяет вводить порошки легких металлов, а эффект в кинофильме нужен. Не серийное изделие — преходящее, вспышка красного, зеленого, желтого огня. В таких случаях пользуются смесью: нитрата калия — 50%; серы — 50%.

Эту смесь нагревают в посуде до полного спекания, до однородности, постоянно помешивая, чтобы не было подгорания. Когда смесь получит вид однообразной массы желто-серого цвета, — надо снять ее вместе с посудой с нагревателя, высыпать на чистый картон или фанеру и дать остывть. Получатся бесформенные крепкие комки однородной массы. Небольшое количество этих комков можно измельчить в фарфоровой ступке или размолоть в мельнице, а затем просеять через соответствующее сито, желательно более мелкое, например № 65. Если взять этой смеси 100 г и к ней добавить 28 г пороховой мякоти, хорошо перемешать, это и будет стопроцентный компонент, который нам заменит легкий металл.

От того, что мы хотим получить, можно путем добавления или уменьшения такой смеси варьировать скорость горения, количество дымообразования, яркости и других характеристик полученной смеси. Меньшее ее содержание в составе даст спокойное горение, и чем больше добавка из такой смеси, тем скорее будет проходить реакция, а значит, и горение состава. Сама же такая смесь очень активна, негигроскопична и оттого может долго храниться. По такому же методу можно приготовить и двухкомпонентную смесь, которая долго хранится и негигроскопична: нитрат калия — 50% и сера — 50%.

Хорошее пламя получается от смеси такого рецепта: нитрат стронция — 70%; нитрат калия — 7%; сера — 7%; уголь древесный — 6%.

Но это пламя розового цвета. Если его несколько обесцветить, дать ему добавку из алюминиевой пудры или антимония, можно получить яркое белое пламя; однако надо запомнить, что эти добавки сделают состав более чувствительным и не подлежащим долгому хранению. Дымный или черный порох, а также пороховая мякоть, обеспечивают довольно яркую вспышку. Порох можно взять и готовый, можно из него приготовить пороховую мякоть. Но пороховую мякоть для вспышек лучше приготовить самим, потому что в готовый порох добавляют некоторое количество клея при его гранулировании, а значит, такая мякоть будет гореть с меньшей скоростью, нежели пороховая мякоть, приготовленная самим пиротехником. Да и размолка сухого пороха дело опасное и трудоемкое. Конечно,

Сложные смеси

безопасность важнее всего. Рецепт изготовления черного пороха всем знаком, но приготовляя пороховую мякоть вновь, — необходимо помнить, что составляющие химикаты должны быть размолоты до пылевидного состояния. Особо следует сказать о древесном угле, который надо брать только из лиственных легких пород древесины. Далее мы еще не раз будем говорить о смесях, образующих пламя, поговорим обязательно о технологии их изготовления, об инструменте, средствах защиты и оборудовании для их изготовления, хранения и перевозок.

Дымообразующие химикаты и их смеси

Получение дымовых эффектов можно осуществить несколькими путями. Для этого надо знать, какого цвета дым мы хотим иметь. Иногда его приходится получать из материалов, которые не нуждаются в предварительной обработке. Так, получить белый дым можно сжиганием непригодной к употреблению соломы или травы, веток деревьев, положенных на предварительно разведенный костер. Черный дым можно получить от сжигания смолы хвойных деревьев, мазута или асфальта, сжигаемых на костре при большой температуре. При малой температуре эти материалы будут выделять белый дым. Отслужившие свой срок и непригодные к дальнейшему использованию автомобильные покрышки при горении дают черный дым, однако этот дым небольшой густоты. В населенных пунктах пользоваться такими дымопусками не рекомендуется из-за того, что прекратить на короткое время горение покрышек невозможно, а разгораются они очень долго, да и продолжают гореть, когда надобность в дымопуске уже отпала. Естественно, что такие очаги дымопусков передвинуть по кадру крайне трудно, а чаще просто невозможно. Лучше все эти дымовые эффекты получать за счет использования способности нефтепродуктов и других химикатов реагировать с компонентами атмосферного воздуха, чаще всего с его влагой. Такие реакции дают четыреххлористое олово (SnCl_4), четыреххлористый кремний (SiCl_4), четыреххлористый титан (TiCl_4) и другие хлорсодержащие

Дымообразующие химикаты

кислоты. Чем выше содержание хлора, тем большее будет дымообразование. Старые пиротехники нашего цеха хорошо помнят, как пользовались титаном четыреххлористым для образования «тумана» на болоте, «зимней метели» и «пурги». Пробовали использовать его и при создании искусственных облаков. Емкость с жидкостью выстреливалась из мортиры, при помощи замедлителя и разрывного порохового заряда в воздухе емкость разрушалась, титан четыреххлористый вступал в реакцию с атмосферным воздухом, образуя облако. Метод этот был трудоемким и весьма опасным.

Была попытка внедрить в производство создание искусственных облаков с помощью реакции четыреххлористого кремния с воздухом атмосферы. Это соединение еще более вредное, и от него отказались быстрее, чем от использования четыреххлористого титана. Потом изъяли и последний, после того, как емкость, вмещающая около 2 кг жидкости, взорвалась в руках пиротехника Б. Широкова. Он получил большое отравление, травмы слизистых оболочек органов дыхания, из-за чего долгое время находился на лечении.

Белый дым, вернее, туман, можно получить за счет использования реакции между двумя веществами, химическое воздействие которых приводит к образованию мельчайших капель, взвешенных в воздухе. Экспериментально была опробована возможность получения дыма за счет реакции амиака (NH_3) и соляной кислоты (HCl). В результате этой реакции, образующийся аэрозольный хлорид аммония (NH_4Cl) превращается в большое облако хорошего белого, слегка подсиненного цвета. В реакцию вступают почти

все 100% химикатов. Однако надо помнить, что соляная кислота (HCl) вредна для здоровья человека. Такие эффекты допустимы только в пустыне, при этом надо постоянно следить за направлением ветра, чтоб не отравить съемочную группу. Примерно такой же эффект можно получить испарением или неполным сжиганием различных масел и других нефтепродуктов малого октанового числа: битума, мазута, асфальта. Этот метод используется в Советской армии в наземных дымозавесчиках — Т.Д.А. и в Военно-Морском флоте на специальных катерах. Этот метод используется и у нас при создании в павильонах так называемого «тяжелого дыма».

Эффекты легкого светлого тумана можно получать испарением сжиженных или замороженных до твердого состояния газов. Но это краткосрочный эффект, за исключением одного — испарения отверженной, замороженной углекислоты в горячей воде, что нашло большое применение в последнее время даже на эстраде. Лучшим методом получения искусственных облаков и туманов до сего времени остается сжигание специально приготовленных пиротехнических смесей, которые содержат в своем составе или образуют в процессе реакции, во время горения, различные дымообразующие вещества. Рецептов изготовления таких смесей очень много, и у каждого — своя технология изготовления, свои меры предосторожности и техники безопасности. В дальнейшем мы рассмотрим многие составы белого дыма и цветных дымов, ознакомимся с технологиями их изготовления в условиях пиротехнических мастерских

при киностудиях страны, условиями хранения, перевозки и безопасного использования на местах.

В пиротехнической литературе встречается рецепт создания белого дыма за счет сжигания белого фосфора, продукты горения которого реагируют с влагой воздуха и конденсируются. При этом образуется облако белого дыма, но с ним образуются сразу две очень вредные, ядовитые кислоты: метафосфорная и ортофосфорная. Надо помнить всегда, что фосфор (P) токсичен, особенно белый, опасен при применении, да еще и образует кислоты. В пиротехнике он мало применим. В кинопиротехнике белый фосфор не применяется.

Если хорошо разогреть различные масла, но не дать им воспламениться, то при испарении будет образовываться туман за счет смеси с влагой воздуха. Есть такие установки в различных странах. По свидетельствам многих наших сотрудников — лучшие установки, среди бывших демократических кинопиротехников, имеются у немцев на киностудии «Дефа». У нас неплохие связи с ними, мы уже давно имеем чертежи данных установок, у нас даже есть одна такая разобранная установка, но она давно пылится в одной из мастерских. Так что данной действующей установки у нас нет. Правда, у нас есть установки, при помощи которых вырабатывается дым на основе разогретых паров трансформаторного масла; но они неудобны, непрятливы, тяжелы и громоздки. Для работы к ним необходим огромный баллон с углекислым газом для резкого охлаждения масляных паров, поэтому на натурных съемках они непригодны. Армейские же дымозавесчики на автомобилях и катерах, о

которых уже кратко упоминалось, покрывают дымом чересчур большие площади. Надо заметить, что масляный туман более устойчив, нежели применяемый нами в шашках НДШ, и рассеивается в воздухе труднее. Его эффект лучше, чем при сжигании шашек, но он намного дороже, поэтому к нему в кино и редко прибегают.

Испарение масел можно осуществлять в струе раскаленных газов. Но такая установка пока еще дорога, хотя лабораторные, пробные работы на ней проводились. Эксперименты показали, что при таком способе можно получать не только белый дым, но и дымы любого цвета. В этом случае предварительно в масле надо растворить соответствующий жирорастворимый краситель, который легко возгоняется при сравнительно низких температурах. Получение белого дыма при киносъемках испарением сжиженных газов или замороженных газов — и экспериментально, и на съемках удавалось получить эффект «испарения» с помощью жидкого азота, разлитого по поверхности. Чтобы получить эффект тумана, надо разливать жидкий азот дорожками перпендикулярно к оси объектива съемочного аппарата. Жидкий азот будет вступать в реакцию с влагой воздуха и конденсировать ее вокруг молекул азота, охлаждая их до относительно низкой температуры. За счет разбрасывания кусочков замороженной углекислоты можно получить эффект тумана, в особенности после дождя и когда нет солнца. Погруженные в воду куски углекислоты имитируют ее кипение с выделением холодного пара — тумана.

Получить белый дым пиротехническим способом можно двумя путями или, скорее, видами. Эти два вида резко отличаются один от второго. Одни составы, смеси, содержат дымообразующие вещества уже в себе, в качестве компонента. Мы уже говорили, что такие смеси содержат окислитель и горючее. Теперь мы поговорим и о химикате-дымообразователе. Нам знакомы многие дымообразующие химикаты, они чаще всего выступают и в качестве горючего. Это те химикаты-горючие, которые при своем горении выделяют еще и много газообразных продуктов. Среди них: антрацен, нафталин, хлористый аммоний, дициандиамид, гексахлорбензол, гексахлорэтан и другие. Эти вещества не требуют большой температуры при своем сгорании, и дым образуется за счет охлаждения частиц, не сгоревших, а возгоняемых и переходящих в твердое состояние. В белых дымах, в смесях для получения белого дыма чаще других применяют хлорид аммония (NH_4Cl), аммоний хлористый, нашатырь; его температура плавления около 300°C , а участвует в дымообразовании около 80% всего количества, которое находится в смеси. Аммоний хлористый лучше других соединений аммония пригоден в смесях по всем своим показателям, так как менее гигроскопичен, не токсичен и достаточно летуч, пригоден к испарению. В качестве дымообразователей применяются и различные масла, а также нафталин и антрацен.

Надо заметить, что эти химикаты, естественно, выполняют и функции горючего. В качестве окислителя с такими горючими, как правило, применяют хлорат калия (KClO_3) — бертолетову соль.

Самый старый рецепт белого дыма, полученный пиротехническим путем, то есть от смешения нескольких компонентов, известен в России под названием «Смесь Ершова». Военный пиротехник Ершов предложил его в качестве дымовой завесы, чтобы скрыть на море маневры кораблей от противника:

1. Хлорат калия — 20–30%;
2. Аммоний хлористый — 50%;
3. Нафталин — 20%;
4. Уголь древесный — 0–10%.

Внимательно читая этот рецепт, можно заметить много особенностей, на которые надо обратить внимание. Во-первых, нафталин, его присутствие в рецепте белого дыма. Мы привыкли, что нафталин при горении выделяет черное образование — сажу. Здесь же общее сочетание химикатов в смеси подчинило нафталин своему воздействию, и он выделяет белый дым, сгорая почти весь, то есть реакция идет дальше, чем при выделении черного дыма. Во-вторых: нам позволено бертолетовой соли брать от 20 до 30%, а древесного угля от 0 до 10%. Только за счет этой вольности и даже благодаря ей можно сделать несколько вариантов составов. Но не надо обольщаться, такая смесь и подобные ей обнаруживают отрицательный результат тем, что при горении дают неожиданные вспышки. Эти вспышки нельзя предусмотреть, и они появляются в самый неожиданный момент. В кинопиротехнике с такой смесью работать не рекомендуется — будет брак съемочного материала — «мигание», особенно если дымопуск происходит близко от съемочного аппарата.

Дымообразующие химикаты

Да и при маневрах кораблей вспышки на катеро-дымязвесчике демаскировали его самого, и он становился мишенью для пушек противника. Однако основа использования различных химикатов, их сочетание в смесях была сделана Ершовым. При дальнейших исследованиях и разработках «смеси Ершова» и ей подобных добавили химикаты-пламягасители, что сделало такие смеси уже без появления вспышек.

Лучшими пламягасителями показали себя углекислые соли: мел, сода, углекислый магний и другие. Эти соединения при своем сгорании легко выделяют углекислый газ — CO_2 ; он-то и препятствует появлению вспышек, не дает нашим смесям гореть огнем. Все мы пользовались дымсоставом павильонным, многие из нас делали сами павильонный дымсостав и при этом вводили мел в качестве одного из компонентов этой смеси. С другой стороны, пламягасители это химикаты, останавливающие горение, препятствующие продолжению реакции, и вводить их в составы надо осторожно. В зависимости от общего соотношения всех химикатов в составе, от того эффекта, которого мы добиваемся, пламягасители можно вводить до 10–15% от всего количества смеси. Обычно его вводят от 3 до 7%. Его количество должен определить сам пиротехник на основании нескольких проб различного сочетания всех компонентов с пламягасителем или делать состав точно по готовому рецепту, разработанному и проверенному годами, как это происходит у нас в цехе. И даже в таких случаях после первой партии любого изделия надо проверить его горение и тот ли получается эффект, которого мы добивались.

Новая партия любого химиката должна проверяться в изделиях. Только путем проб и проверок можно составить рецепт смеси для дальнейшего изготовления пиротехнических средств. Только пиротехник, испробовавший химикат в смесях, может дать жить рецепту, неся полную ответственность за его безопасные и эффектные данные. Только на основе практических испытаний можно утверждать, что смесь, сделанная по данному рецепту и технологии, даст необходимый эффект. Где бы вы ни прочитали, где бы вы ни встретили рецепт пиротехнического изделия, как бы ни был высок авторитет ученого, рецепт без пробы нельзя принимать на веру, на слово. Его надо обязательно проверить практически, и если вас что-то не устраивает, то он, этот рецепт, может послужить основой той смеси, которую вы хотите сделать для своего эффекта. От него, от любого рецепта начинаются наши пробы, наши искания, испытания. Меняются химикаты, меняются даже стандарты химикатов, появляются новые вещества, и их надо проверять, испытывать. Надо всегда стремиться к тому, чтобы рецепт смеси, готовое пиротехническое изделие, сделанное вашими руками, отвечали всем вашим требованиям и полностью обеспечивали тот эффект, который был задуман и необходим. При этом никогда нельзя забывать о технике безопасности изготовления и применения нашей продукции, ее себестоимости.

Мы немного отвлеклись от темы белых дымов, но то, что было сказано немного ранее, на наш взгляд, применительно не только к рецептам и изделиям белого дыма, но и ко всем пиротехническим изделиям.

Дымообразующие химикаты

Однако вернемся к белым дымам, вернее рецептам белых дымов второго типа. Составы второго типа белых дымов изготавливают на основе металлохлоридных соединений. Однако в пиротехнике они не могут быть использованы из-за своей токсичности и из-за того, что в таких смесях нужны углероды. Углероды в таких составах сгорают не полностью, и эти несгоревшие частицы углерода образуют сажу. А она, как известно, черная. Значит дым будет серым, вернее, не чисто белым. Вот примерный рецепт из множества подобных соединений: CCl_4 — 37%; Zn — 63%.

Четыреххлористый углерод (CCl_4) с цинком (Zn) горят хорошо, но выделяют хлорный цинк — ZnCl_2 , и углерод — С, который будет черным, а ZnCl_2 — ядовитым дымом серого цвета. Поэтому все современные рецепты белого дыма, даже в армии, вместо металлохлоридных соединений основываются на использовании гексахлорбензола — C_6Cl_6 и гексахлорэтана — C_2Cl_6 . Рецепты нашего цеха основаны на окислителе бертолетовой соли KClO_3 — хлорате калия и горючих: аммоний хлористом NH_4Cl — он же и дымообразующий компонент, канифоли $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}$ и сыром буроугольном воске с небольшой добавкой мела CaCO_3 , выполняющего функцию пластификатора и поглотителя свободного хлора в рецептах павильонного дымсостава.

Разработка рецептов пиротехнических изделий, выделяющих черный дым

Составов и смесей черного дыма на киностудиях страны существует очень много. Все они основаны на горючем, которое представляют нафталин и антрацен, и окислителем, которым, как правило, является хлорат калия или бертолетова соль. Наш цех полностью перешел на смесь из двух компонентов: хлората калия (бертолетова соль) ($KClO_3$) — 55% и антрацена ($C_{14}H_{10}$) — 45%. Долгое время мы изготавливали смесь для шашек черного дыма, где основным горючим (более 40%) был нафталин и лишь 4% было антрацена. Как уже говорилось выше — нафталин сублимированный по цене выше антрацена, да и летучесть у него довольно высокая; значит химическая стойкость этих смесей была хуже, чем у теперешнего нашего рецепта. Черный дым при сгорании таких смесей получается и образуется за счет сажи из углеводородной группы горючих (нафталин $C_{10}H_8$, антрацен $C_{14}H_{10}$) при их неполном сгорании в таких смесях. Сейчас в нашем цехе только в исключительных случаях, когда нет антрацена, используют в качестве горючего в смесях черного дыма нафталин. Несколько лет назад сложилась в цехе обстановка, когда на складах не оказалось шашек черного дыма, не оказалось и нормального антрацена, который обычно использовался для их изготовления. Но было большое количество антрацена, непригодного к использованию в таких смесях из-за его насыщенности различными маслами. Пиротехники (тот числе и автор этой книги) за короткое время разработали новый рецепт

Разработка рецептов черных дымов

смеси черного дыма для шашек № 1 и вывели цех из очень трудного положения. Можно было бы перейти на старый рецепт, но нафталина на складах достаточного количества не оказалось. Надо было использовать антрацен. Вот состав этой смеси: бертолетова соль — 50%; нафталин сублимированный — 22%; антрацен технический — 23%.

Из-за плохого антрацена очень усложнилась технология изготовления смеси. Надо было сначала смешать пропущенный через вальцы антрацен и нафталин, т. е. соединить механически два горючих, лишь затем вводить хлорат калия и тщательно перемешивать. Такого состава очень много налипает на стенки смесителя, и это создает дополнительные неудобства в работе, да и смешивать такой состав надо более длительное время. По дымообразованию этот состав превзошел все виденные смеси, обычная шашка горит вдвое дольше по времени, образуя весьма густое и черное облако. Есть у такой смеси и другие положительные качества: состав весьма стоек к механическим воздействиям и потому безопасен и в производстве, и в хранении, и в перевозках. К недостаткам его надо отнести то, что при таком обильном содержании масел в составе, ими быстро пропитывается бумажная гильза и, конечно, длительному хранению он не подлежит. Шашки, напрессованные таким составом, должны быть использованы в течении одного года. Есть и другие рецепты смесей для получения черного дыма: гексахлорэтан — 60%; магния порошок № 4 — 9%; нафталин (антрацен) — 21%.

Как видим, рецепт разработан на металлохлоридной основе, где окислителем является гексахлорэтан, и горючих два — магний, порошок которого легко окисляется и хорошо горит, поддерживая высокую температуру при реакции, и дымообразующее горючее нафталин или антрацен. Эта смесь выделяет очень хорошее дымообразование, но горит очень быстро и чувствительна к механическим воздействиям, а поэтому опасна не только в производстве, но и при пользовании такого состава шашками. К тому же у гексахлорэтана есть большой недостаток — летучесть. Однако при наличии этих химикатов и при недостатке других можно делать шашки черного дыма и по такому рецепту. Но есть и еще рецепты, где гексахлорэтан заменен гексахлорбензолом: гексахлорбензол — 60%; магний — МПФ-3,4 — 30%; нафталин — 10%.

Или такой: фторопласт (тэфлон) — 55%; магний — МПФ-4,3 — 29%; антрацен — 16%.

Эти два рецепта были опробованы, и по ним получили хорошие смеси, выделяющие большое количество черного дыма. Но на производство таких смесей идут более дорогие химикаты, смеси получаются более чувствительными по сравнению со смесью хлорат калия плюс антрацен, да и дороже, поэтому на практике они употребляются очень редко, как крайний выход из положения. Попутно надо сказать о том, что при изготовлении смесей черного дыма, при работе с этими химикатами, особенно с антраценом, надо помнить, что они токсичны, могут вызывать аллергию и раздражение открытых

Разработка рецептов черных дымов

частей тела, что длительный контакт может привести и к другим, более опасным заболеваниям. Поэтому необходимы все меры предосторожности и обязательны средства защиты, которые предусмотрены технологией изготовления смесей и изделий черного дыма.

Получение разноцветных дымов при прямой реакции

Методом химической реакции, то есть традиционным методом получения цветных огней или получения белого и черного дыма, пока еще не удалось добиться больших результатов при получении дымов других цветов. Здесь успехи пиротехников невелики. Есть только один рецепт, заслуживающий внимания, рецепт смеси получения желто-оранжевого дыма: магний — МПФ-3 — 16%; гексахлорэтан — 48%; оксид железа (Fe_2O_3) — 36%.

Окраску этому дыму дает хлорное железо ($FeCl_3$), которое является летучим при повышенной температуре, при которой горит данная смесь. Соединяясь с кислородом воздуха и водой, находящейся в воздухе, охлаждаясь при температуре воздуха, продукты горения превращаются в облако дыма. Есть рецепты получения оранжевого дыма соединений нитроцеллюлозы с анилиновыми красителями, но в условиях нашего цеха и других пиротехнических мастерских такое производство невозможно. Однако цветные фильмы, особенно фильмы-сказки, для своего производства потребовали и цветных дымов. Основные рецепты цветных дымов разработаны на технологии возгонки органических красителей. В таких смесях краситель за счет большой температуры других компонентов переходит в парообразное состояние, мельчайшие частицы воды с этим паром окрашивают химикат, который является собой газообразующее, дымообразующее вещество. Вот примерная схема построения рецепта цветного дыма: органический краситель — 30–50%; углево-

Разноцветные дымы

ды (лактоза, сахар пищевой, дициандиомид) — 20–35%; хлорат калия — 22–33%; бикарбонат натрия (или калия) — 3–10%; керосин или парафиновое масло — 2–4%; инфузорная земля (SiO_2) — 0–4%; оксид железа (Fe_2O_3) — 0–3%.

Попутно надо заметить, что в таких смесях, если убрать краситель того или иного цвета, основа смеси — окислитель, горючее и дымообразующее вещество — дала бы белый дым, с довольно большой интенсивностью горения. Вводом жирорастворимого органического красителя мы перекрашиваем белый дым в любой нужный нам цвет и понижаем скорость горения такой смеси. Зная это правило и схему построения рецепта, можно сделать или подобрать смесь любого цвета. Внимательно и с пристрастием осмотрев схему построения рецепта, мы не найдем здесь вредных или токсичных химикатов, однако меры безопасности, предусмотренные технологией изготовления шашек цветных дымов, надо соблюдать неукоснительно, да и жирорастворимые красители с тела человека отмываются очень трудно. Эффекты, создаваемые комбинациями различных дымов бывают очень впечатляющими. Так, из сочетания белых, черных и оранжевых дымов удавалось создать эффекты пожаров больших городов, не употребляя ни одного очага пламени; особенно сильны такие эффекты на общих планах. Когда же постановочная группа переходит к съемкам средних и крупных планов пожара, конечно, здесь не обойтись без огня, без очагов огня, и опять мы будем прибегать к помощи цветных дымов: черному и красному, а белый дым выделяется при

ПИРОТЕХНИК

горении декораций, и его, как правило, хватает. Стоит просмотреть заявки кинокартин на пиротехнические материалы для батальных фильмов, мы увидим, что наибольшее количество после белых, которые требуются к лирическим фильмам, занимают черный и оранжевый дымы. При производстве фильмов по сказочным сюжетам требуются дымы самых разных цветов и оттенков. Нам самим приходилось делать шашки различного цвета дымов и использовать их, подчас не зная, для чего их применяют в тех или иных кадрах. При просмотре фильмов не всегда удается увидеть эти кадры, потому что дымы не всегда правильно снимаются оператором, и в картину привносят лишь диссонанс, и кадры, снятые с дымами, выбрасываются из картины или переснимаются заново.

Газообразующие пиротехнические смеси

Требования, предъявляемые к таким смесям.

Некоторые рецепты таких смесей

В кинопиротехнике зачастую возникает необходимость получения «эффекта длительного дымопуска». Как правило, это связано с макетами больших заводов, химических комбинатов, металлургических и коксохимических производств. Каждый понимает, что взрывать и поджигать данные объекты «в натуре» или даже декорации в натуральную величину — чересчур дорогое удовольствие (к примеру, город Мост в Чехословакии — один на весь мир, да и тот уже разрушен). Если вспомнить фильм по роману А. Толстого «Гиперболоид инженера Гарина» и разрушающийся химический комбинат, взрывающиеся цистерны с газом, химикатами и нефтепродуктами, то можно себе представить стоимость всего этого, если бы все это было «в натуре». С другой стороны, без этих кадров было бы трудно представить огромную разрушающую силу нового изобретения гениального маньяка. Был сделан макет огромного, грандиозного предприятия, и чтобы оживить его, показать работающим — были применены все средства воздействия на зрителя. Главными, конечно, были пиротехнические эффекты. Сначала это были дымы, в основном цветные, и несколько вспышек, имитирующих работу сварщиков и поток раскаленного металла. Цель была достигнута. Было видно, что предприятие работает, живет, хотя на общих планах не было ни одного человека. Появился бы человек, и все было бы нарушено. Зритель бы понял, что ему показывают макет. Путем монтажа нам показали несколько кадров в

декорациях, а потом, в дальнейшем, началась катастрофа, где пиротехники применили все средства для ее осуществления. О жирорастворимых красителях уже мы говорили, в этом фильме применялось несколько видов таких красителей. Плюс, оператор использовал в своей работе фильтры различных цветов. И, заодно, применялись газообразующие пиротехнические смеси.

Как правило, в пиротехнике для киносъемок состав газа не имеет значения. Главное к нему требование — нетоксичность. Однако при разработке смесей, при составлении рецептов необходимо учитывать особенности каждого химиката-компонента — поставщика газа. Наибольший газовый объем на одну грамм-молекулу реагирующих компонентов смеси можно достичь, получая в продуктах горения газы с малым молекулярным весом. Так, выяснили, что в объеме 22,4 литра различных газов будет: водорода (H_2) — 2 г; водяного пара, который при расчетах рецептов считается газом (H_2O) — 18 г; азота (N_2) — 14 г; окиси углерода (CO) — 28 г; кислорода (O_2) — 32 г; углекислого газа (CO_2) — 44 г.

Стоит обратить особое внимание на вес каждого газа в одинаковом объеме, потому что сгорание химиката с выделением различных газов будет нашей целью при изготовлении пиротехнических специальных изделий.

Итак, мы видим, что лучшим показателем в этом ряду будет вес водорода — 2 грамма, худшим — у углекислого газа, двуокиси углерода (CO_2) (данний газ нам не нужен не только потому, что он тяжелый, но, и потому, что водород является продуктом горе-

ния лишь в редких смесях, следовательно, дабы получить его 22,4 литра надо сжечь много химиков). Несмотря на неблагоприятное соотношение веса и объема углекислого газа = 44 грамма в 22,4 литра, образования этого газа редко удается избежать. Водяные пары — 18 граммов — тоже нужно считать газом при расчете газообразования. Стоит обратить особое внимание на азот (N_2), хотя известно, что азот является инертным газом, да и в объеме 22,4 литра его будет 14 граммов. Пиротехники из этого сделали вывод, что при расчете рецепта в качестве окислителей надо брать нитраты, так как именно в нитратах содержится газ азот и он выделяется при сжигании. Наиболее приемлемым нитратом является нитрат аммония ($(NH_4)_2NO_3$) — он не токсичен, температура плавления самая низкая из всех известных нитратов, очень низкая и скорость горения. Однако у нитрата аммония есть и недостатки — гигроскопичность, слеживание, перекристаллизация. Есть, конечно, и другие нитраты, но они по разным причинам менее пригодны для наших целей. Одни по своим химическим и особенно физическим качествам, другие слишком дороги, третьи — выделяют много вредных ядовитых веществ и применяться не могут. В качестве катализаторов в таких смесях чаще других использовали бы бихроматы калия ($K_2Cr_2O_7$) и аммония ($(NH_4)_2Cr_2O_7$), но эти химикаты крайне ядовиты, и их вы не встретите в наших рецептах. Самым безопасным катализатором у пиротехников по праву считается «милори», или железосинеродистое железо ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$). Этот химикат нам знаком, он встретится нам и в дальнейших рецептах некоторых пиротехнических изделий,

мы о нем говорили, когда знакомились с химикатами, наиболее часто встречающимися в пиротехническом производстве. Вот пример рецепта газообразующего состава: нитрат аммония (NH_4NO_3) — 79%; «Милори» (берлинская лазурь) ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$) — 9%; уголь древесный (С) — 12%.

Эта смесь при своем сгорании дает чистый азот. Существуют большие промышленные установки — гиганты для получения азота на нужды химической промышленности и сельского хозяйства. При помощи пиротехнического состава можно получить чистый кислород в газообразном состоянии. Советский ученый, академик Капица, будучи в ссылке, разработал наиболее дешевый способ для получения газообразного кислорода в промышленных установках. Лабораторию он организовал в сарае и, несмотря на ссылку, занимался любимым делом. В результате страна получила самые мощные и самые рентабельные в мире промышленные установки по получению газообразного чистого кислорода. Рецепт получения чистого газообразного кислорода пиротехническим путем такой: нитрат натрия — 74–80%; железо (порошок) — 10%; окись бария (BaO_2) — 4%; стекловолокно — 6–12%.

Эта смесь дает 34% кислорода в весовых частях от 100% сжигаемой смеси. Это очень большой процент выхода чистого кислорода. В литературе по пиротехнике и по химии встречаются и другие рецепты получения чистого газа пиротехническим путем, и человеку, интересующемуся этой стороной, всегда можно найти не только рецепт, но и описание технологического процесса. Есть и другие смеси, при помощи которых можно получать чистые газы

Газообразующие пиротехнические смеси

таким путем, но эти смеси очень плохо загораются; они требуют для воспламенения сильного начального импульса. Иногда для воспламенения таких смесей, где температура горения очень высока, изготавливают два состава: воспламенительный и переходной. Внимательно читая указанные рецепты, мы заметим, что в них нет компонентов с малой температурой горения. Вот рецепт воспламенительного состава для указанных газообразующих смесей: NaClO_3 — 60%; Fe — 20%; BaO_2 — 10%; стекловолокно — 10%.

Смесь по такому рецепту изготавливают и прессуют в виде звездки отдельно от изделия, и лишь затем эту звездку впрессовывают в изделие перед непосредственным зажиганием. Есть и другие виды нанесения воспламенительных смесей, также много других воспламенительных составов, которые предназначены для различных пиротехнических изделий.

Воспламенительные составы, изделия и их элементы. Назначение воспламенительных составов в пиротехнике и требования, предъявляемые к ним

Вы уже знаете, что существуют составы пиротехнических изделий, весьма инертных к небольшим или непродолжительным источникам воспламенения. Например, их нельзя зажечь электровоспламенителем или обычной спичкой, а некоторые не загораются от специальной спички (запала) или небольшого отрезка стопиной. В предыдущей главе мы ознакомились с некоторыми рецептами газообразующих смесей и пришли к выводу, что таким смесям необходим специальный воспламенительный состав, который передал бы необходимую температуру данным изделиям по нашей команде. От простой спички не загорится дымовая шашка заводского изготовления, твердое ракетное топливо и т.д. Есть много различных пиротехнических изделий, которые загорятся только от мощной ветровой спички, отрезка стопиновой нити, или имеют воспламенительный, а иногда и переходный составы в одном изделии.

Требования к воспламенительным составам заключаются в том, чтобы они, эти составы, прогрели определенный участок основного состава до температуры, необходимой для вызова горения этих основных составов, чтобы реакция между компонентами основного изделия началась. Мы уже знаем, что чем выше температура горения основного состава, тем хуже он загорается и тем сильнее по температуре должен быть воспламенительный состав. Воспламенительные

Воспламенительные составы

составы должны отвечать требованиям, предъявляемым к данным составам. Вот эти требования:

- легко воспламеняться от сравнительно небольшого импульса (электровоспламенитель, ветровая спичка, небольшой отрезок стопиновой нити);
- температура вспышки любого из таких составов не должна превышать 500°C;
- иметь температуру горения намного (200–500°C) выше, чем те составы, которые мы поджигаем;
- в процессе горения образовывать большое количество жидких шлаков, которые остаются после сгорания на поверхности поджигаемого состава.

Шлаки, упомянутые выше, находясь в состоянии разогрева при высокой температуре, увеличивают время прогревания состава, который мы поджигаем. Чтобы продлить время горения воспламенительных составов, их, как правило, прессуют. Однако есть и другие виды передачи температуры — простая добавка сверху или в месте поджигания в виде пасты, которая потом подсохнет и образует одно целое с основным составом. У нас в цехе есть такие изделия, которые требуют воспламенительный состав; самые распространенные из них — малые пиротехнические шашки белого дыма № 5 и № 6 и черного дыма № 3. Если аккуратно расколоть звездку сигнального патрона сверху вниз — можно легко проследить, что она сделана из трех составов. Большая ее часть будет состоять из основного состава, а малая часть из переходного и воспламенительного составов, где ясно просматриваются вкрапления дымного пороха. Воспламенительным составом в фигурных свечах является пороховая подмазка с введенным в нее kleem и разведенная на спирте.

При составлении рецептов воспламенительных составов должны быть использованы окислители, легко отдающие кислород при небольшой температуре горения. Такие окислители мы хорошо знаем: это хлораты, нитраты, перманганаты щелочных металлов. В качестве горючего здесь применяются химикаты, которые легко входят в реакцию с окислителями: это уголь древесный, идитол, антимоний, сера и другие химикаты. Из данного перечня химикатов становится понятно, что рецепты воспламенительных смесей близки по рецептуре к дымному пороху. В некоторых изделиях, как мы наблюдали на примере со звездкой сигнального патрона, именно дымный порох является воспламенительным составом. Если в основном составе содержится алюминий, как основное горючее, то в воспламенительном составе должно быть не менее 15–20% магниевого порошка. Такой воспламенительный состав обладает хорошими химическими и физическими качествами и может применяться в различных изделиях. Из теории мы знаем, что предпочтение отдается, как горючим, цирконию и титану: цирконий способен вступить в реакцию даже с окисью железа. Но смеси с этими металлами весьма чувствительны к физическим воздействиям — следовательно, в кинопиротехнике они не применяются. В кинопиротехнике, в таких составах, чаще используют в качестве горючего соединения кремния, марганца, свинцовую сурик (один или в комбинации с красной окисью (FeO_2)). Такие составы считаются наименее опасными и не столь чувствительными. В ракетной и космической технике применяют составы с титаном и цирконием. Ведь

там нужна большая точность, более высокотехнологичное производство, аппаратура и оборудование — последнее слово техники в этой области, а также отличная организация техники безопасности. В условиях наших примитивных кустарных мастерских и с уровнем наших технических и технологических возможностей эти металлы неприемлемы.

При производстве дымовых шашек мы напрессовываем воспламенительные и переходные составы на основной, так как эта технология нам подходит и по требованиям, и по оборудованию. В других случаях воспламенительные составы делают в виде пасты и такими наносят на изделие. При высыхании эти пасты становятся чувствительны к огню. Данные составы делаются или на спиртовом лаке, или на цементаторе со спиртом. Бывают пиротехнические составы или изделия из таких составов, которые плохо загораются даже от воспламенительного состава. В таких случаях пиротехники пользуются переходными составами. Переходные составы представляют собой комбинацию из двух составов: воспламенительного и основного. Переходный состав загорается от воспламенительного и, сгорая, поджигает основной состав. Комбинации переходного состава могут быть различными. Наиболее часто встречаются и употребляются смеси из двух составов: 50% воспламенительного и 50% основного; тщательно перемешанные, они насыпаются, напрессовываются на основной, на них насыпается воспламенительный и в таком порядке запрессовывается полностью изделие. Вот несколько рецептов воспламенительных составов:

I.

1. Нитрат калия — 75%;
2. Древесный уголь — 15%;
3. Идитол — 10%.

II.

1. Нитрат калия — 75%;
2. Магний (порошок № 3 или № 4) — 15%;
3. Идитол — 10%.

III.

1. Нитрат бария — 48%;
2. Перекись бария — 30%;
3. Магний (порошок № 3 или № 4) — 13%;
4. Идитол — 9%.

IV.

1. Цирконий (порошок) — 65%;
2. Окись железа — 25%;
3. Окись кремния (SiO_3) — 10%.

V.

1. Титан порошок — 25%;
2. Кремний — 25%;
3. Окись железа — 25%;
4. Свинцовый сурик — 25%.

VI.

1. Титан порошок — 32,5%;
2. Окись железа — 50%;
3. Цирконий (порошок) — 17,5%.

VII.

1. Титан порошок — 20%;
2. Кремний — 10%;
3. Цирконий (порошок) — 70%.

Последние четыре рецепта содержат в себе редкие на наших складах химикаты, и не всегда мы сможем воспользоваться ими, да и как говорилось

Воспламенительные составы

выше — эти рецепты очень чувствительны, а потому опасны. Но знать данные рецепты вы должны. Также, как должны знать и, то, что эти смеси очень опасны при изготовлении, и запрессовывать их следует в растворе камфоры в ацетоне.

Воспламенительные элементы служат для того, чтобы передать импульс огня к изделиям или их элементам с определенной скоростью. Такими элементами могут быть: нить 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. К изготовлению стопина или стопиновой нити и приготовлению пасты из пороховой мякоти мы еще вернемся, но есть и другие варианты изготовления такой пасты. Вот пример:

1. Пороховой мякоти — 1 кг;
2. Декстрина — 30 г;
3. Подогретой воды — 50–100 г;
4. Спирта — 50–100 г.

Декстрин разводится в подогретой до 50–60°C воде, смешивается с пороховой мякотью и разбавляется спиртом до необходимой густоты или суспензии. В качестве воспламенителей может использоваться бумага, промазанная с двух сторон пороховой пастой и просушенная, фитили различной скорости горения. Хорошие фитили получаются при использовании такой технологии: растворить в десяти частях воды одну часть нитрата калия, селитры (KNO_3). Хлопчатобумажный шнур замочить в этом растворе

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

Для поджигания фейерверочных фигур пиротехники часто пользуются зажигательными свечами, которые состоят из нитрата калия — 30%; серы — 10%; пороховой мякоти — 10%; воска (вара, пека) — 5%.

Хорошо перемешанный этот состав набивают в гильзу длиной 50 см и диаметром в 1 см. Заготовленные заранее гильзы предварительно пропитывают в растворе нитрата калия (1:10) для того, чтобы гильзы сгорали вместе с составом, постоянно обнажая пламя собственного состава. При изготовлении таких свечей состав насыпают не более пяти сантиметров и запрессовывают набойником с молотком. Можно внизу сделать деревянную рукоятку, можно нижнюю часть гильзы набить не горючим составом. Тогда такой свечой можно безопасно пользоваться. О мерах безопасности при работе с воспламенительными составами надо еще сказать, что, как правило, такие составы изготавливают малыми партиями. Там, где такие составы делаются в полужидком состоянии, — они не опасны. Но при этом надо строго следить, чтобы они не подсохли, и поддерживать их в таком состоянии. Подсохшие составы на пороховой мякоти не скребать с посуды, а долить воды, и таким способом или размягчить, или растворить. Воспламенительные составы с порошками циркония и титана делаются не более 2–3 десятков граммов за защитным щитком, в очках, нарукавниках и прорезиненном или кожаном фартуке. Когда же эти составы выделяют газы (запрессовка в растворе камфоры с ацетоном), необ-

Воспламенительные составы

ходимо пользоваться противогазом. Работа с воспламенительными составами требует строгой пожарной безопасности, поэтому прежде чем приступить к их изготовлению, надо вынести из рабочего помещения все предметы, не имеющие отношения к данной работе. После работы все инструменты и приспособления, а также полы в помещениях должны промываться водой.

Замедлители и их назначение

**Некоторые рецепты замедлителей,
изготавливаемых промышленностью,
и возможности их изготовления
в мастерских**

Замедлители — изделия, которые необходимы в пиротехнике почти так же, как и воспламенители. Если нам надо взорвать какое-то пиротехническое изделие в воздухе или на определенном расстоянии над землей, или произвести взрыв над водой — мы пользуемся изделием, которое позволяет произвести взрыв после выстрела. Так сделаны военные электровзрывпакеты (ЭВП), так делаются многие пиротехнические изделия, например, «люсткугели», факелы на парашютах, имитаторы облаков воздушного пользования и другая продукция. В старину также пользовались замедлителями. Эту роль выполняла обыкновенная восковая свеча. У основания свечи насыпали порох, а когда свеча, догорая, поджигала его, порох взрывался и разрушал стены крепостей и других фортификационных сооружений. В наше время оборонные заводы изготавливают и поставляют нам заводские стандартные замедлители, рассчитанные на определенное время: от 0,5 до 3 секунд. Пиротехнические изделия, снаряженные такими замедлителями, «срабатывают» точно в пристрелянном месте, что порой бывает немаловажным фактором при киносъемках. Там же, где не требуется такой точности, хорошими замедлителями зарекомендовали себя обрезки огнепроводного шнура.

Замедлители

Известно, что огнепроводный шнур горит со скоростью 1 см в секунду. Если учесть, что часть пороха высыпается из шнура во время различных манипуляций с изделием, то на одну секунду замедления надо резать шнур (отрезок) длиной 1,5 см. Если же у нас будет рассчитанное время на 1,5 секунды, надо резать шнур длиной 2 см, и т.д. Шнур режут острым ножом под прямым углом к его поперечному сечению. Никакие другие углы непригодны, так как произойдет высыпание пороха. Скорость горения заводских замедлителей примерно — 0,04–0,06 см/сек. В этих замедлителях используются в качестве горючих металлы: цирконий, титан, марганец, железо, никель; неметаллы — кремний и бор. Для увеличения скорости горения окислителями в этих изделиях служат хромат бария, хромат свинца и перхлорат калия. Вот некоторые рецепты замедлителей:

I II

1. Аморфный бор — 5%; — 10%;
2. Хромат бария — 95%; — 90%.

III.

1. Марганец — 44%;
2. Хромат бария — 8%;
3. Хромат свинца — 53%.

IV.

1. Марганец — 37%;
2. Хромат бария — 20%;
3. Хромат свинца — 43%.

V.

1. Марганец — 33%;
2. Хромат бария — 20%;
3. Хромат свинца — 36%.

VI.

1. Перманганат калия — 56%;
2. Сурьма (металлический порошок) — 44%.

Некоторые рецепты в наших условиях, а главное, из-за наличия химикатов, реализовать просто невозможно. Правда, изготовление замедлителей не очень и нужно, так как можно пользоваться заводскими, с одной стороны, и, как уже было сказано в главе о воспламенительных составах, химикаты, входящие в составы замедлителей, являются токсичными, и смесь их опасна в обращении.

Надо отметить и тот факт, что замедлители сами являются весьма чувствительными к механическим воздействиям. Был случай, когда во время закрутки другой стороны «люсткугеля» произошел взрыв одного из них. Это явилось нарушением мер безопасности по обращению с такими чувствительными изделиями, которыми являются замедлители. Стоит посмотреть на список химикатов в рецептах, чтобы понять, что с замедлителями надо обращаться весьма осторожно. При их монтаже нельзя нажимать, ударять и тереть ту часть, где пропускает состав. Нельзя монтировать замедлители и в готовое изделие. Они монтируются в пустые гильзы, предназначенные для каких-то изделий, требующих при своей дальнейшей технологии использование замедлителей.

Чувствительность Химическая и физическая стойкость пиротехнических составов

В дальнейшем мы ознакомимся с технологией изготовления многих пиротехнических изделий. Заодно мы будем изучать совместимость тех или иных химикатов. И хотя мы уже многое знаем о свойствах и характеристиках многих материалов, мы должны знать о них еще больше. Дополнительная информация, дополнительные знания о материалах, с которыми приходится работать постоянно, еще никому не вредили. Важность этой информации надо учитывать для обеспечения безопасности при изготовлении, хранении, транспортировке и использовании пиротехнических изделий. Надо твердо помнить о факторах, которые способствуют формированию опасных свойств пиротехнических составов, смесей, и по возможности их исключать. Вот некоторые из данных факторов:

1. Высокая чувствительность смесей хлората калия с фосфором.
2. Чувствительность к удару и трению всех хлоратов в смесях со следующими элементами и веществами: серой, селеном, металлическим мышьяком, сульфидами фосфора, сульфидами мышьяка, сульфидами сурьмы, магнием, алюминием, цирконием, висмутом, титаном.
3. Особенно высокая чувствительность к механическим воздействиям смесей хлоратов с роданистыми, железными и железосинеродистыми соединениями.

4. Чувствительность к трению и опасность в обращении двойных смесей нитратов с магнием, алюминием, фосфором.

5. Высокая чувствительность смесей, окислятелями которых являются: перхлорат аммония, перхлораты щелочных металлов, некоторые кислородные соединения свинца, особенно PbO_2 .

6. Чувствительность пиротехнических составов ко всем видам воздействия с повышением начальной температуры. Это необходимо учитывать при просушивании составов пиротехнических изделий.

7. Значительно повышают чувствительность пиротехнических составов к механическим воздействиям и делают их опасными в обращении примеси песка, битого стекла и других твердых веществ. Поэтому в рабочих помещениях, на рабочих местах всегда должна быть чистота, лишние предметы и материалы, ненужные для данного изделия, а иногда для определенной операции, необходимо убирать.

Надо помнить и о том, что снижают чувствительность пиротехнических составов ко всем воздействиям добавки флегматизаторов, там, где есть возможность пользоваться этими добавками. Весьма взрывоопасны взвеси в воздухе таких материалов: угольная пыль, сера, сахар, лактоза, крахмал, декстрин, мучная пыль, алюминиевая пудра. В качестве причины может быть даже образование электрической искры в результате статического электричества. Это электричество накапливается на оборудовании, и его периодически надо снимать. Это электричество может накапливаться и на одежде

Чувствительность

пиротехника, особенно если одежда сделана из синтетических материалов. Поэтому пиротехники для работы с такими материалами допускаются только в хлопчатобумажных костюмах и нарукавниках. При организации работ надо обязательно учитывать данные обстоятельства. Надо помнить, что у неспрессированных составов возможность возгорания или взрыва намного выше, чем у брикетированных. При работе с чувствительными смесями в помещении не должно быть рабочих, не занятых непосредственным процессом изготовления смесей. Как правило, с такими смесями работает один человек, максимум двое. Нельзя увлажнять двойные смеси нитратов и хлоратов с горючими металлами, так как коррозия металлов приводит к их уничтожению; металлы окисляются и пропадают. Нет смысла делать для длительного хранения такие смеси и с гигроскопичными солями. Такие смеси химически нестойки. Химически нестойки и смеси серы с магнием, но нитраты с серой и алюминием или магнием могут храниться более длительное время. Надо запомнить, что смеси, содержащие в качестве компонентов порошок магния и одновременно алюминия, чувствительны к воздействию влаги. В то же время порошок сплава алюминия с магнием (ПАМ) более устойчив против воды, щелочных и кислых воздействий. В смеси нитрат бария плюс алюминий может начаться реакция, если присутствует влага. При этом начнет образовываться аммиак (NH_4), и можно почувствовать его запах. В таких случаях надо немедленно прекратить работу и вынести состав из помещения. Значит, в этой смеси присутствует влага, и нужно срочно выяснить, какой из

компонентов содержит влаги больше допустимой нормы, и принять меры к ее удалению, к просушиванию химиката. Чаще всего влага бывает в нитрате бария. Надо помнить, что смеси нитратов с тяжелыми металлами, их соединениями ($Pb(NO_3)_2$; $Cu(NO_3)_2$), с магнием при увлажнении становятся химически нестойкими из-за прохождения обменной реакции. Смеси же этих и других соединений тяжелых металлов с алюминием химически более стойки. Алюминий быстрее покрывается оксидной пленкой, потому что данная пленка у него прочнее, чем, к примеру, у магния, и с ее помощью он защищает себя от коррозии. Смеси хлоратов с магнием химически нестойки и не рекомендованы не только к длительному хранению, но и к изготовлению. Не рекомендованы к применению смеси перекиси бария (BaO_2) с порошками алюминия. При попадании влаги в такую смесь температура ее может подняться до $100^{\circ}C$ и алюминий превратится в инертное вещество. Нежелательны в составах, содержащих порошок магния, добавки солей аммония (NH_4); такие смеси будут гигроскопичны и в результате присутствия влаги (H_2O) в этих смесях проявляется гидролиз и протекает кислая реакция ($NH_4Cl + H_2O = HCl + NH_4OH$). В такой кислой среде интенсивно протекает коррозия магния, так как у него оксидная пленка более рыхлая, пористая, чем у алюминия. Порошок алюминия в таких смесях более устойчив. Коррозия порошков алюминия ускоряется, если в смеси есть порошки или соли меди и ртути. Поэтому в одной смеси эти химикаты ($Cu + Al$; $Hg + Al$) не допускаются. Составы, содержащие порошки железа, в большинстве своем химически нестойки.

Чувствительность

Для улучшения качества и защиты порошка железа его «воронят», кипятят в масле. Мы часто говорим, что недопустимо вводить в хлоратные составы аммиачную селитру, потому что происходит обменная реакция, в результате которой ($KClO_3 + NH_4Cl = KCl + NH_4ClO_3$) появляется хлорат аммония (NH_4ClO_3) — вещество нестойкое, оно может привести к самовозгоранию и даже к самовзрыванию смеси.

Нельзя пользоваться инструментом, ситами одновременно и для хлоратов, и для нитратов. А такие, как $KClO_3$ и KNO_3 , — вообще несовместимы и способны взорваться даже при малом присутствии одного в другом. На протяжении многих лет бертолетова соль обрабатывается и смешивается в нашем цехе в кабинах с первой по пятую, а селитра — с восьмой по одиннадцатую. Может быть, что только благодаря такому строгому, жесткому разграничению, мы не имели самовозгорания в производственных помещениях цеха. Такие меры предосторожности должны поддерживать все последующие поколения пиротехников. Нельзя мешать хлораты с серой. Смеси такие химически нестойки, они могут загореться во время изготовления, прямо на столе под руками пиротехника. Смесь глицерина с перманганатом калия ($KMnO_4$) самовозгорается через 10–20 секунд после смешения компонентов. Значит, их нельзя смешивать, кроме тех эффектов, которые необходимы при съемке. В таких случаях пользуются несколькими «считанными» граммами.

Все мы отлично понимаем, что все правила, все случаи перечислить невозможно, потому что появляются новые химические материалы, и мы будем вводить их в свои рецепты, в свои смеси, но

ПИРОТЕХНИК

при обязательном соблюдении самых элементарных правил безопасности, которые требуют:

1. Изготовление экспериментальных составов в минимальных количествах.

2. При работе с новыми или незнакомыми материалами и рецептами обязательно пользоваться защитным щитком, очками, нарукавниками, перчатками, фартуком.

3. После изготовления состава пиротехник обязан проверить, хотя бы примитивным способом, этот состав на чувствительность к удару, трению, лучу огня; проверить его замачиванием, увлажнением малого количества состава, с последующим наблюдением за ним, а в дальнейшем и сжиганием.

4. При нагреве смеси, появлении необычного запаха пиротехник должен прекратить работу. Необходимо принять решение об отказе от дальнейшего использования этого рецепта, а готовая смесь должна быть уничтожена путем замачивания в воде и удаления растворимых химикатов. Рецептура смесей и составов лишь тогда допускается к серийному производству, когда состав испытан по всем возможным параметрам. Новые рецепты изделий и смесей должны быть теоретически обоснованы и практически подтверждены для дальнейшего использования.

Классификация пиротехнических средств, применяемых на фейерверках и при киносъемках

Все пиротехнические средства, применяемые при киносъемках и на фейерверках (и те, о которых мы уже говорили, и те, о которых речь пойдет ниже), — по характеру их действия, по создаваемому ими эффекту и специфике изготовления условно можно разделить на пять групп:

I группа — дымовые пиротехнические средства;

II группа — осветительные и сигнальные средства;

III группа — имитационные пиротехнические средства;

IV группа — фейерверочные пиротехнические средства;

V группа — вспомогательные средства и материалы.

Все эти средства, промышленного изготовления или пиротехнические изделия и эффекты, разработаны и проверены на практике в пиротехническом цехе киностудии «Мосфильм». Исключение составляют несколько рецептов, известных по различным литературным источникам от Цытовича до Шидловского и зарубежной периодической литературы, в основном переводных журнальных статей.

Дымовые пиротехнические средства

Дымовые пиротехнические средства

Дымовые пиротехнические средства при киносъемках и дневных фейерверках находят самое широкое применение. Дымовые эффекты используются не только в батальных, но и во многих лирических кинокартинах, где создают эффект природных явлений: облака, туман. Находят дымы применение и в кинокартинах, где необходимо показать сельскую жизнь — дым из труб печей, костры, горение леса, хлеба; и городские пейзажи, которые нельзя себе представить без огромных заводов, фабрик, комбинатов с их постоянно дымящими трубами, иногда даже с цветными дымами. Правда, сейчас стало немодным показывать обилие дымов в кинофильмах, но от истории не уйти. Считалось, что чем гуще и выше дым — тем больше продукции дает предприятие. Дымовые эффекты необходимы при съемках фильмов сказочной и научно-фантастической темы. К числу пиротехнических средств, обеспечивающих вышеперечисленные эффекты, относятся:

пиротехнические дымовые средства, изготовление которых организовано в пиротехнических мастерских киностудий:

- дымовые шашки черного дыма № 1;
- дымовые шашки цветных дымов различного цвета;
- малые пиротехнические шашки черного и белого цветов, называемые «МПШ» и различающиеся по номерам (3, 4, 5 и 6);
- дымовой состав белого дыма, пригодный для использования в условиях павильонных съемок и съемок в интерьерах других зданий;

— быстрогорящие дымовые составы — «дымовые вспышки» — черного, белого и многих цветных дымов.

Дымовые промышленные средства:

- шашки белого дыма — НДШ и ДМ-11;
- большие дымовые шашки — БДШ;
- ручные дымовые гранаты белого и черного дыма;
- генераторные установки, смонтированные на средствах передвижения;
- другие средства, выделяющие в основном белые и черные дыма.

Осветительные и сигнальные средства

Осветительные пиротехнические средства применяются для создания световых эффектов, при съемках пожаров, для создания эффекта освещения боевыми осветительными средствами объектов и людей, при съемке батальных сцен, для имитации освещения фарами автомашин, блеска молний, отсвета костра и для многих других работ. К этой группе относится сравнительно небольшая группа сигнальных средств, применяемых для подачи сигналов при киносъемках и имитации действия сигнальных средств в боевой обстановке. К числу пиротехнических средств, обеспечивающих перечисленные эффекты, относятся:

1. Осветительные и сигнальные средства, изготовление которых организовано в пиротехнических мастерских киностудий: факелы белого и оранжево-красного огней, фальшфейеры белого и красного, желтого и зеленого огня, ручные парафиновые факелы, фотовспышки, парашютные осветительные факелы.

2. Осветительные и сигнальные пиротехнические средства промышленного изготовления: фальшфейеры белого, красного, желтого и зеленого огней, 30 мм и 40 мм реактивные сигнальные патроны, в том числе и однозвездные парашютные 26 мм сигнальные патроны цветного огня и цветного дыма.

Имитационные пиротехнические средства

Помимо тех изделий, о которых мы уже рассказали, существуют различные имитационные изделия и эффекты, которые были разработаны и испытаны на самых различных киносъемках, у самых разных киномастеров: режиссеров, операторов, художников, маститых и признанных мастеров других профессий киноработников. Среди разработок имеются как не очень сложные, наиболее часто используемые пиротехнические изделия, производство которых исчисляется тысячами штук, так и редко применяемые, но тем не менее крайне необходимые, такие как приспособление для пуска стрел, имитация облаков и т.д. К этим имитационным средствам относятся:

1. Имитационные пиротехнические средства, изготовление которых может осуществляться в пиротехнической мастерской киностудии или непосредственно на съемочной площадке, перед съемкой (на натуре и в павильонах), — имитаторы взрыва мин, гранат и артиллерийских снарядов; способ подъема пламени на значительную высоту; имитация горящей расплавленной смолы, горения разлившихся по воде нефтепродуктов; стрельбы из автоматического стрелкового оружия, артиллерийского выстрела; расплавленного металла, взрываания различной техники и нефтепродуктов, эффекта электросварки, искр при пожаре, а также шашки для имитации горения самолета при комбинированных съемках; приспособления для изготовления крутящегося пушечного ядра;

ПИРОТЕХНИК

пневматического устройства для осуществления имитации попадания пуль; получение эффекта «холодного» малодымного пламени; керосиновые и нафталиновые фугасы (ФОГи — Фугас ОГненный); имитаторов разрыва зенитных снарядов различного калибра; оформления эффекта попадания пули в лицо человека; осуществление эффекта попадания артиллерийского снаряда в любое место декораций.

2. Помимо использования собственных разработок широко применяются промышленные и оборонные учебные имитационные пиротехнические средства; имитаторы взрыва (ИМы) различного калибра пушек; имитаторы попадания пуль (ИПП); электрозапалы и электродетонаторы пониженной мощности для оформления эффекта попадания пуль и осколков на тело человека, на костюм человека с последующим появлением крови, и другие средства.

Фейерверочные изделия

Данной книгой предусмотрено знакомство с технологиями изготовления различных фейерверочных средств и изделий: «люсткугелей»; «бураков», с двумя типами искристых фонтанов; «китайских колес» и других изделий. При их разработке учитывались самые благоприятные обстоятельства и параметры для проведения фейерверков: высота подъема изделий, время «работы», светимость, фейерверочный эффект, размер элементов и фигур, ограниченность пространства кинокадра и т.п.

Вспомогательные пиротехнические средства и материалы

К этой группе пиротехнических средств относятся служебные изделия и вспомогательные материалы.

Одни из них могут и должны изготавливаться в условиях пиротехнической мастерской или цеха при киностудии: «стопин» или «нить стопина»; звездки цветных огней и «швермеры» — для дальнейшего снаряжения изделий; различные клевые растворы; картонные и бумажные гильзы различного калибра и назначения, фитили и другие.

Вспомогательные средства воспламенения и взрывания промышленного производства, которые в силу их стандартизации, трудоемкости, точности и других параметров нет смысла делать кустарным способом: различные электровоспламенители, большой, но еще недостаточный ассортимент электродetonаторов, шнур огнепроводный; шнур детонирующий, спички «ветровые», спички «охотничьи» и др.

Общие вопросы

Большое разнообразие задач, порой неожиданных, решение которых требует дымовых и других пиротехнических средств, и ограниченный ассортимент промышленного изготовления поставили перед пиротехниками задачу разработки технологий изготовления своими силами и средствами различных дымовых и других изделий и эффектов в условиях, мягко говоря, далеко не идеальных, в пиротехнических мастерских при киностудиях. К части кинопиротехников надо сказать, что со многими задачами они справились хорошо. Другие вопросы, другие изделия еще надо разрабатывать, надо готовить для них не только теоретическую, но и практическую основу, базу. Задерживает решение таких задач недостаточное количество и качество материалов, химикатов, пригодных в наших специфических, кинематографических условиях работы. Много нерешенных задач и в фейерверочном искусстве, где очень большое поле деятельности для поисков, проб и много работы. Скоро мы перейдем к изложению технологических процессов изготовления различных дымовых средств и других пиротехнических изделий в условиях наших мастерских, поговорим и о промышленных пиротехнических изделиях, об их положительных и отрицательных свойствах и характеристиках, о том, как легче и дешевле изготовить те или другие пиротехнические средства с соблюдением правил техники безопасности, с наименьшим нанесением вреда окружающей среде. Но не забудьте главного! Главным для нас вопросом и главной задачей всегда будет наибольший визуальный эффект.

Часто молодые люди, называясь пиротехниками театра, клуба, цирка, спрашивают рецепт того или иного пиротехнического изделия; спрашивают многие наши рецепты маститые пиротехники из зарубежных стран (что уж тут говорить о пиротехниках с периферийных студий). И тогда положение становится крайне щекотливым. Почему? Объясню, дело в том, что у каждого пиротехника есть (должна быть!) записная книжка, куда заносятся рецепты, заметки и замечания для проверки, а также проверенные рецепты (чаще всего эта книжка хранится или в шкафу раздевалки, или дома, но бывает и в кармане, с собой). Но, как та-ковой, рецепт «коллеге» дать невозможно. И не потому, что «секрет фирмы», мол, я знаю, я умею, я сделаю, а ты — как хочешь. Нет. Совсем не так. Очень многие рецепты, особенно редких по применению и сложных пиротехнических изделий, сами по себе — ничего не дадут. Допустим, что будет у такого «пиротехника» рецепт, вернее, список химикатов смеси и их процентное соотношение в ней. Только не всегда можно сделать пиротехническое изделие по такому рецепту. Можно сделать лишь некоторые составы, где два-три знакомых компонента, в основном нейтральных, подвергаются механическому соединению и смешиванию. И даже эти смеси по рецептам надо знать: что смешать в первую очередь, а что можно ввести потом. Большинство пиротехнических изделий или эффектов, помимо списка химикатов, потребных для их изготовления и их процентного содержания, требуют не только твердых знаний технологического процесса, но и неукоснительного его соблюдения.

Именно технологический процесс изготовления сложного пиротехнического изделия порой останавливает нас от передачи рецепта другому лицу, «коллеге».

Представим себе, что один из нас, зная рецепт получения гремучей ртути, но не зная технологии ее изготовления или получения, передал его просящему. При возможности или надобности тот начинает на свой страх и риск изготавливать это зелье, не зная технологии, не зная безопасных количеств, не соблюдая мер безопасности по всей цепочке изготовления — от грязной посуды, до работы без противогаза. К чему приведет такая пиротехническая самодеятельность? Двух мнений быть не может: приведет это рано или поздно к несчастному, трагическому случаю. А когда будет вестись расследование (обязательное!) несчастного случая — выяснится, что рецепт пострадавший узнал, переписал у дяди Васи, дяди Коли с «Мосфильма», с «Ленфильма», со студии им. Довженко. И дело не в том, что надо бояться ответственности, хотя это тоже немаловажно, но главное — пострадает человек, станет калекой.

Разработка и выпуск «Технологических записок оружейно-пиротехнического цеха киностудии «Мосфильм» и приказ по Госкино об обязательном соблюдении требований при изготовлении пиротехнической продукции намного облегчили и работу кинопиротехников, и их взаимоотношения с творческими группами, техническими службами киностудий. «Технологические записки» — это обобщение опыта большого, грамотного и опытнейшего коллектива, в котором каждый сотрудник внес

свою лепту, исходя из своих сил и возможностей. При написании данной книги «Пиротехник. Искусство изготовления фейерверков» я руководствовался основными положениями указанных «Технологических записок». При этом надеюсь, что работа творческая и изыскательская по новым рецептам, с новыми химикатами не прекратится и даже не ограничится. Скорее, наоборот. Процесс обновления старых рецептов, процесс искания и проб новых химикатов, новых пиротехнических изделий и эффектов не остановить никогда. Он (этот процесс) будет продолжаться всегда, пока будет нужна профессия пиротехника, пока будет нужно фейерверочное искусство. Только процесс этот должен идти от теоретических разработок, с применением данных лабораторных работ, с изучением всех свойств и характеристик новых химикатов и их рекомендаций по внедрению в пиротехническое производство. Только теоретически обоснованные количества различных химикатов можно допускать на опыты, на пробы, на хранение.

С сожалением приходится констатировать, что среди пиротехников очень мало людей ищущих и пытливых, стремящихся обновить старое, отыскать и обосновать новое. Бывает и по-другому — появляется в коллективе такой человек, а возможности попробовать свои задумки он не имеет. Повседневная текучая работа, съемки, командировки, необходимость выпускать продукцию, нехватка нужных материалов, инструмента, оборудования, чаще всего смазывают благие порывы и задуманное не реализуется. Проходит время — придуманное забывается, мы «обрастаем» ленью, и новое не

Общие вопросы

появляется. Счастье для всего коллектива, когда в его среде находится человек, который добровольно берет на себя изыскательскую работу; работу, не дающую моментального результата; работу, зачастую неблагодарную, вредную, грязную. Работу, в которой надо не только возиться с химикатами, но и постоянно следить за литературой, изысканием этой литературы по библиотекам, по частным лицам; работу, когда коллеги, не всегда понимающие своего товарища, с недоверием, а иногда и враждебно смотрят на «чудака».

Конечно, есть и другие общие вопросы у каждого коллектива пиротехнических цехов при киностудиях, стоят они наравне с производственными вопросами, но решаются уж очень медленно. Остро стоит, особенно в последние годы, вопрос со снабжением химикатами. Не менее важен и вопрос складирования, вернее, нехватки, недостаточности складских емкостей, помещений. На всех студиях, у всех пиротехников большие претензии к снабженцам и промышленности по вопросу нехватки детонаторов пониженной мощности. Наша промышленность их практически не выпускает, а потребность с каждым годом растет, растут и пожелания и потребности съемочных групп в эффектах, которые можно сделать лишь электродетонатором пониженной мощности и определенной конструкции. После каждого кинофестиваля, которых в мировом кино стало очень много, киноработники, к которым мы, пиротехники, не относимся, насмотревшись различных пиротехнических эффектов в чужих фильмах, требуют от нас повторения этих эффектов уже в своих. Так, после просмотра фильма «Крестный отец»

ПИРОТЕХНИК

всем режиссерам потребовался эффект посадки пули на лице человека. Многие требовали сделать идущего горящего человека. Эффекты эти, конечно, очень эмоционально сильны. Но наши технические средства сильно отстают от подобных средств и изделий пиротехнических фирм западных кинопиротехников, да и оплата нашей работы далеко не соответствует западной.

Поэтому кто-то делает подобный эффект, на свой страх и риск, переделывая стандартное изделие и превращая его в суррогат, без гарантий, что будет эффект и без гарантий безопасности актера. А ведь для актера лицо — источник жизни, источник его существования. Поэтому пиротехник делает эффект идущего горящего человека, человека-факела, на себе. Возникает вопрос: рисковать актером — нельзя, а собой — можно? Таких и подобных вопросов много, а работы в направлении безопасности еще больше. Но не надо бояться работы. Надо больше пробовать, искать и сомневаться, и снова искать и пробовать. Только мы сами — пиротехники — сможем улучшить наши изделия, наши эффекты; никто, кроме «чудаков» из нашей среды, не принесет их нам на тарелочке.

Приложение

Общие свойства окислителей

Формула	Молекулярная масса	Плотность, г/см ³	Температура плавления, °C, (т. кипения в скобках)	Уравнение реакции разложения	Теплота образования, ккал/моль		Теплота разложения, ккал		Процент активного кислорода	Количество смеси, кг, при разложении 1 кг кислорода	В каком виде состав используется
					окислителя	продукта разложения	наработка чистоты разложения	для выделения 1 г кислорода			
KClO ₃	123	2,3	360 (550)	$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$	96	104	+16	+2,7	39	2,55	Дымовые, спичечные, цветочные
KClO ₄	130	2,5	570 (650)	$2KClO_4 = 2KCl + 4O_2$	103,4	104	+1,2	+0,15	46	2,17	Цветочные
NaNO ₃	66	2,2	306 (400)	$2NaNO_3 = Na_2O + Na_2O_2 + 2NO_2$	111	101	-121	-24	47	2,13	Окислительный, кислотный, пирокраситель
KNO ₃	101	2,1	338 (700)	$2KNO_3 = K_2O + N_2 + 2NO_2$	119	87	-151	-30	40	2,53	Вспомогательные
Si(NO ₃) ₄	212	2,9	502 (400)	$Si(NO_3)_4 = SiO_2 + 4NO_2$	231	142	-80	-18	36	2,65	Красители
Na ₂ NO ₃	261	3,2	582 (400)	$2NaNO_3 = Na_2O + NO_2 + 2NO$	237	133	-104	-21	38	3,27	Окислительный, зеленого сияния
BaO ₂	168	5,0	(700)	$BaO_2 = BaO + SO_2$	150	133	-17	-17	9	10,5	Вспомогательный

Свойства окислителей, используемых только в смесях с высококалорийными металлами

Формула	Молекулярная масса	Плотность, г/см ³	Температура плавления, °C, (т. кипения в скобках)	Уравнение реакции разложения	Теплота образования, ккал/моль		Теплота разложения, ккал		Процент активного кислорода	Количество смеси, кг, при разложении 1 кг кислорода	В каком виде состав используется
					окислителя	продукта разложения	наработка чистоты разложения	для выделения 1 г кислорода			
Fe ₂ O ₃	129	5,2	(-1500)	$Fe_2O_3 = 3Fe + O_2$	256	0	-266	-67	29	3,34	в герметиках
MnO ₂	87	5,0	> 530	$MnO = Mn + O_2$	125	0	-125	-53	37	2,72	в герметиках в опытных
BaSO ₄	233	4,5	1580	$BaSO_4 = BaS + 2O_2$	340	102	-238	-50	27	3,64	в опытных осветительных
CaSO ₄	136	3,0	1450	$CaSO_4 = CaS + 2O_2$	338	114	-227	-57	47	2,13	осветительных
BaCrO ₄	253	4,5	> 1000	$BaCrO_4 = BaO + 0,5Cr_2O_3 + 0,75O_2$	341	-133	-71	-17	9,5	10,5	в магнитах
PbCrO ₄	323	6,5	(> 650)	$PbCrO_4 = PbO + 0,5Cr_2O_3 + 0,75O_2$	222	0,5	-137	-65	-34	12,5	в магнитах

BaCrO₄ — хромат бария, хромовокислый барий,
PbCrO₄ — хромат свинца, хромовокислый свинец.

Гигроскопичность и растворимость окислителей-солей

Соли	Гигроскопическая точка	Растворимость соли в воде в граммах на 100 г раствора при +20 °C
KClO ₃	97	7
KClO ₄	94	1,7
NH ₄ ClO ₄	96	18
Ba(NO ₃) ₂	99	8
KNO ₃	92,5	24
Sr(NO ₃) ₂	86	42
NaNO ₃	77	47
NH ₄ NO ₃	67	64

Соли, для которых «гигроскопическая точка» меньше 78–80%, считаются гигроскопичными, и практическая работа с такими солями затруднена в пиротехнике. Насколько гигроскопична соль, можно судить о ее растворимости в воде — чем больше растворимость соли, тем она гигроскопичнее.

Физико-химические свойства горючих и их оксидов

Символ	Плот- ность, г/см ³	Температура, °C вспышки я горючих на воздухе	Горючее		Количество, сторонящее за счет 1 г оксигорючого, г	Фор- мула	Оксид			
			Пла- ниров- ания	Ки- пения			Темпера- тура, °C гиппо- текия	Темпера- туря, °C кип- ления		
Mg	1,7	550	650	1105	1,52	MgO	2800	-		
Al	2,7	> 800	660	-2500	1,12	Al ₂ O ₃	2030	-3000		
Zr	6,5	180-200	1868	4750	2,85	ZrO ₂	2700	С разло- жением -4300		
МЕТАЛЛЫ										
H	0,07 (жидк.)	-	-259	-253	0,12	H ₂ O	0	100		
C (графит)	2,2	-	3000	-	0,38	CO ₂	-78	Субли- мирует		
P красный	2,2	260	590	Суб- лими- рует	0,78	P ₂ O ₅	580	605		
НЕМЕТАЛЛЫ										

Приложение

Теплота образования оксидов неорганических горючих

Символ	Атомная масса, A	Оксид, формула	Молеку- лярная масса, M	Теплота образования, ккал		
				Q	Q ₁ = Q/mA	Q ₂ = Q/M
Na	23,0	Na ₂ O	62	99	2,2	1,6
K	39,1	K ₂ O	94	85	1,1	0,9
Mn	54,9	MnO	71	93	1,7	1,3
Fe	55,8	Fe ₂ O ₃	160	195	1,7	1,2
Ni	58,7	NiO	75	58	1,0	0,8
Zn	65,4	ZnO	81	83	1,3	1,0
W	183,8	WO ₃	232	201	1,1	0,9
Sb	121,8	Sb ₂ O ₅	324	230	0,9	0,7
S	32,1	SO ₂	64	71	2,2	1,1
C	12,0	CO	28	26	2,2	0,9

В пиротехнике еще мало используются: карбиды — соединения неорганических горючих с углеродом; сульфиды (за исключением Sb₂S₅ — сурьмы трехсернистой) — соединения тех же горючих с серой; фосфиды — соединения тех же горючих с фосфором. Особенно в пиротехнике кино, где лабораторная работа ведется слабо, да и то только в последнее время, где пиротехники, отработавшие со многими химикатами, даже не видели их ни разу. Конечно, в таких условиях трудно ожидать появления новых изделий и внедрения новых химиков и материалов. В конце концов, есть НИИ ПХ, лаборатории оборонных химических заводов, они то в курсе всех новинок в пиротехническо-фейерверочном вопросе. Пускай скажут свое научное слово. Новое слово. Полезное.

Общие вопросы техники безопасности

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. Выглядят они следующим образом:

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 исключающими нахождение людей в помещениях при работе механизмов на опасных и особо опасных операциях.
3. Технологическое оборудование, применяемое в пиротехническом производстве, должно иметь исполнение, при котором полностью исключено запыление рабочих мест в помещениях компонентами и составами, а также испарениями 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.

Часть вторая

Работа в условиях мастерской Изготовление пиротехнической продукции

Все пиротехническое производство, все пиротехнические работы связаны с опасностью для работников пиротехнического цеха: готовые составы чаще всего из-за их высокой чувствительности к удару и трению, к тепловому импульсу и лучу огня, а многие материалы из-за их вредных влияний на здоровье человека в процессе подготовки их к смесям, во время смещивания и патронирования пиротехнических изделий.

Вентиляционные трубы из разных рабочих помещений-кабин не должны сообщаться друг с другом.

5. Вентиляционное оборудование и коммуникация сточных вод оборудуются уловителями, исключающими загрязнение окружающего пространства; вентиляционная система должна быть выполнена в точном соответствии с требованиями ТБ, быть легко доступной для очистки и промывки, регулярно промываться и очищаться.

6. Все пиротехническое оборудование не должно иметь острых углов и 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 труящихся материалов в зонах расположения составов должно полностью исключать возможное искрообразование, сухое трение, крошление рабочих органов и попадание осколков металла и других материалов в составы.

10. Использование в механизмах и машинах в качестве конструкционных материалов дерева любых пород и кожи, контактирующих с составами, недопустимо.

11. Для пожароопасных и взрывоопасных смесей загрузочные и разгрузочные устройства должны иметь дистанционное управление.

Общие вопросы техники безопасности

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 ненормального 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, заусенцы, образующиеся 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 при проникновении их в организм человека через дыхательные пути или кожный покров, — первейшая обязанность любого работающего и особенно комиссии соцстраха.

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, и некоторым операциям при изготовлении пиротехнической продукции.

Технология изготовления больших шашек черного дыма

Мы все прекрасно знаем, что шашки черного дыма находят самое широкое применение при киносъемках батальных сцен, при оформлении пожаров и других эффектов. Промышленное изготовление шашек черного дыма организовано слабо, да и те шашки, что мы иногда получаем, не отвечают требованиям киносъемок. Потребность в таких изделиях очень высока и пока будут сниматься фильмы на военные темы, эта потребность не отпадет. С целью лучшего обеспечения киноизготовления была налажена работа в пиротехнических мастерских по изготовлению шашек черного дыма. По своему эффекту, по количеству дымообразования, по его консистенции, насыщенности, по простоте изготовления и по низкой себестоимости шашки черного дыма № 1, изготовленные в нашем цехе, превосходят промышленные. Однако у наших шашек есть существенный недостаток — они могут храниться только два года. Шашки заводского изготовления могут храниться 10–15 лет, так как они заключены в металлический корпус. Но эти шашки дают скорее серый дым, а черным его можно назвать только условно (они образуют очаг черного дыма только если зажечь несколько шашек одновременно и в одном месте). Надо заметить, что шашки заводского изготовления после прогорания примерно на 2/3 своей величины часто взрываются, поэтому переносить горящую шашку черного дыма крайне опасно.

**Основные характеристики шашек черного дыма
нашего изготовления:**

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

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

Приступим к изучению некоторых технологий, без знания которых приступать к изготовлению не только шашек черного дыма, но и любого другого пиротехнического изделия не рекомендуем.

Изготовление корпусов для дымовых шашек

№ шашек	№ 1	№ 2
Диаметр накатника	100 мм	100 мм
Высота корпуса	200 мм	150мм
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

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

Большие шашки черного дыма

Рецепт смеси черного дыма

Название химиката	%	Влажность
Хлорат калия	55	Не более 2 %
Антрацен	45	-

Если бертолетова соль содержит влаги более нормы — ее надо просушить при температуре 35–40°C. Компоненты просушиваются раздельно. Хлорат калия для такой смеси просеивается через сито № 25, антрацен — через сито № 10.

Номера сит в пиротехнике значат: № 10 — в линейном сантиметре находится 10 отверстий, № 25 — 25 отверстий и т.д.; чем больше номер — тем мельче отверстия-ячейки. Сито, через которое просеивается хлорат калия, должно быть помечено: «Только для хлората калия — $KClO_3$ » — со всех сторон.

Взвешивание компонентов производится на торговых весах с допуском плюс-минус 10 граммов, при общем количестве одной партии состава 10 кг. Компоненты смешиваются в течение 10–15 минут в четырехлопастном смесителе емкостью 50 литров. После смешивания состав смесь высыпается в ящик и передается в другую кабину, где происходит запрессовка и засыпка состава в гильзы, отделка и упаковка готовых шашек в ящики. От каждой партии смеси берут пробу в 100 граммов и сжигают открытым способом. Состав должен сгореть спокойно, равномерно, с образованием густого черного дыма. Взвешивание бертолетовой соли и ее просеивание через сито происходит в одной кабине. Все ящики, необходимые для изготовления шашек черного дыма № 1 и № 2, для переноски химикатов и готового состава, должны быть без щелей во избежание просыпания

состава на пол (были случаи возгорания состава черного дыма на нафталиновой смеси под обувью пиротехника от трения). Просыпанный случайно на пол состав или химикат должен быть убран немедленно. Во время смешивания состава в кабине смесителя не должны находиться люди. Включение и выключение двигателя смесителя вынесено из рабочей кабины. Наблюдение за работой смесителя осуществляется через окно или приоткрытую дверь кабины. Запрессовка состава в гильзы должна проводиться в два приема. После последней запрессовки верхний кружок должен утопать над бортами гильзы на 10–15 мм. Удельное давление пресса при этой работе = 3–4 кг/см². Лишний состав с гильзы и кружка удаляют, а стык гильзы с кружком промазывают kleem ПВА-эмulsionей.

Надо постоянно следить за чистотой пресса и помещения. Во время работы на прессе нельзя отвлекаться на посторонние вызовы и предметы. В кабине не должны находиться посторонние люди, не занятые изготовлением шашек черного дыма. По мере наполнения готовой продукцией ящики выносятся или в тамбур кабины, или наружу, а в конце смены все изделия должны быть отправлены на склад и оприходованы по всей форме кладовщиком. При получении ящиков с шашками черного дыма для киносъемки пиротехник обязан удостовериться в наличии пломбы и этикетки на каждом ящике. Если ящик вскрыт и неполный, а так же при получении нескольких шашек, надо убедиться, что все шашки укупорены надежно, состав из них не просыпается. Для того, чтобы обеспечить горение шашки, ее надо вынуть из ящика, вскрыть

Большие шашки черного дыма

верхний кружок, разрыхлить часть состава и положить на него зажженную ветровую или охотничью спичку-запал. Две подготовленные таким способом шашки, загораются от соседней горящей шашки. Переносить руками горящие шашки черного дыма запрещено. Переносить их можно только при помощи шашкодержателя, соблюдая все меры предосторожности. Температура горения такой смеси около 2500°C и жидкие шлаки способны вызвать пожар или нанести тяжелые ожоги человеку. По окончании работы все открытые шашки уничтожаются во избежание просыпания состава во время транспортировки, который от трения в кузове автомобиля может вызвать пожар; невскрытые шашки сложить в ящики, ящики забить гвоздями. Нужно постоянно следить за тем, чтобы на полу кузова автомобиля не было состава черного дыма, а также других составов и отдельных химикатов. По прибытии со съемок необходимо сдать все материалы на склад, предварительно наклеив новые этикетки и установив новые пломбы. Вся дальнейшая ответственность за содержание ящика и каждой отдельной шашки ложится на пиротехника, сдавшего эту продукцию на склад.

Технология изготовления малых шашек черного дыма

Шашки номеров № 3 и № 4 — малого размера и меньшего дымообразования, и применяются они в тех случаях, когда нужны источники черного дыма недалеко от съемочной камеры, для имитации дымопуска из различных труб заводов на макетах, на макетах паровозов, в сценах боев и пожаров, на догорающей технике и жилищах, а также там, где шашки черного дыма № 1 и № 2 велики. Конструкция корпусов таких шашек разработана с расчетом избежать образования огненного пламени при их горении. Для гашения пламени шашки черного дыма № 3 и № 4 снабжены сверху диафрагмой с отверстием для выхода дыма, а между поверхностью горящего состава и диафрагмой оставлено пространство в 5–6 мм. При горении шашки такой конструкции создается небольшое избыточное давление 0,3 кг/см². За счет этого давления и происходит гашение пламени. Основной состав для шашек № 3 и № 4 тот же, что и для шашек № 1 и № 2. Но в шашках № 3 и № 4 присутствует воспламенительный состав, состоящий из 96% основного состава и 4% тиомочевины.

Состав должен быть тщательно перемешанным, однородным по цвету.

Малые шашки черного дыма

Изготовление корпусов для шашек черного дыма

№№ шашек	№ 3	№ 4
Диаметр накатника	45 мм	32,5 мм
Высота корпуса	140 мм	140 мм
Количество оборотов бумаги	20	20
Картонные кружки к ним:		
диаметр	45 мм	33 мм
толщина	2 мм	2 мм
количество на 1 шашку	2 шт.	2 шт.
Картонные диафрагмы:		
диаметр	45 мм	33 мм
толщина	2 мм	2 мм
диаметр отверстия	10 мм	8 мм
количество на 1 шашку	3 шт.	3 шт.

Навивка бумаги на станке — с одновременным проклеиванием. Клей казеиновый — с добавками аммиачной воды, глицерина и скипидара. Рецепт и технология изготовления kleевого казеинового раствора дается отдельно. Вырубка картонных кружков — на прессе со специальным оборудованием. Вырубку отверстий в диафрагмах осуществляют на ручном прессе. Из трех диафрагм склеивают одну, причем между двумя из них ставят проклеенную бумагу. Клей — ПВА-эмulsionия. После высыхания диафрагмы эта приклеенная бумага служит гидроизолятором и препятствует высыпанию состава. При зажигании такая бумага легко прорывается нажимом спички-запала. Диафрагма ставится на верхний торец шашки. Дном у таких шашек служат два картонных кружка, проклеенных между собой и запрессованных от руки, на kleю. Клей ПВА-эмulsionия. Для опознания: на боковую стенку ящика наклеивается этикетка с указанием изделия,

количеством изделий, числа, месяца и года, когда были изготовлены, и фамилии пиротехника, отвечающего за весь технологический процесс. Измельчение тиомочевины производится на воздушной мельнице. Ее просеивание осуществляют вручную на сите № 43 без большого нажима, в хлопчатобумажных перчатках или рукавицах. Воспламенительный состав смешивают вручную из расчета не более 1 килограмма на замес. Стол должен быть покрыт чистой kleenкой. Готовый воспламенительный состав находится в помещении, где идет запрессовка состава. Состав, смесь запрессовывается в корпуса в два этапа. Перед прессованием последней засыпки, поверх основного состава, в центр шашки мерным скважином засыпают 10 граммов воспламенительного состава. Давление пресса 10–13 кг/см². Диафрагму впрессовывают в шашку так, что она была вся внутри корпуса шашки. Стык корпуса шашки и диафрагмы промазать ПВА-эмulsionей. До начала прессования шашек в кабине, в рабочем помещении, должна быть проведена тщательная мокрая уборка. В помещении не должно быть посторонних предметов. Просыпанный случайно состав на пол или станину пресса необходимо убирать немедленно. Работа должна проходить в респираторе, перчатках, нарукавниках, фартуках и мягкой резиновой обуви. Условия хранения, перевозок и применения МПШ-3 и МПШ-4 точно такие же, как и шашек черного дыма № 1 и № 2.

Технология изготовления

малых пиротехнических шашек белого дыма — МПШ-5 и МПШ-6

Изготовление корпусов, приготовление состава. Особенности рецептов основного и воспламенительного составов.

Меры безопасности при их изготовлении

Эти шашки, особенно МПШ-5, пользуются наибольшей популярностью у пиротехников. Шашки эти очень удобны при использовании, имеют небольшие размеры, при хорошем дымообразовании горят относительно долго. Спокойный характер горения обеспечивает надежную безопасность при их использовании. Эти шашки незаменимы, когда надо создать эффект вблизи съемочной камеры, обозначить небольшой костер, горение листвы в парках и садах, эффект дымящейся, горящей воронки бомбы или крупного снаряда, эффект дымящих труб в деревне и на макетах, создать легкий туман в лесу, на реке и много других эффектов. Корпуса или гильзы для этих шашек накатываются на станке с одновременным промазыванием казеиновым kleевым раствором. После высыхания гильзы разрезаются по размеру. В один торец вставляют на kleю два-три картонных кружка и просушивают. Это будет дно корпуса. Верхом готовой шашки будет диафрагма с центровым отверстием из одного картонного кружка. Отверстие диафрагмы заклеено бумагой, промазанной kleem, для гидроизоляции состава и безопасного хранения. Диафрагма создает дополнительное давление в шашке при ее горении, обеспечивая дымовую струю и беспрерывное горение состава.

Когда необходимо сделать серию шашек МПШ-5 или МПШ-6, организуется бригада из 3-5 человек. В их обязанности входит вся работа — от подготовки компонентов-химикатов до сдачи готовой продукции на склад.

Подготовка химикатов заключает в себе измельчение, просеивание и, при необходимости, просушивание. Бертолетова соль просеивается через сито № 25 вручную. При слеживании или перекристаллизации низких сортов $KClO_3$ ее можно разминать валиком из дерева на деревянной поверхности. Другим видам механической обработки бертолетова соль не подлежит. Канифоль и буруугольный воск измельчаются в шаровых мельницах и пропускаются через сито № 43. Более крупные частицы этих химикатов плохо окисляются в довольно инертном составе, каким является состав этих шашек, и могут не вступить в реакцию, горения не будет, эффекта не будет. В то же время, если все химикаты превратить в более тонкий порошок, просеять на более мелких ситах — состав по нашему рецепту будет гореть быстрее. Аммоний хлористый и мел-пудра просеиваются через сито № 25. Другой подготовки мел не требует. Аммоний хлористый очень быстро слеживается и, полученный со склада, размалывается в воздушной мельнице. Размолотый и просеянный аммоний хлористый уже во второй половине рабочей смены необходимо снова пропустить через сито № 25, так как он в смесителе может не измельчиться, и в составе, в смеси будут попадаться его комки. Пиротехник, отвечающий за процесс изготовления, должен помнить об этой особенности NH_4Cl и следить за нормальным его состоянием. Другая

его черта — гигроскопичность. Поэтому хлористый аммоний надо просушивать. Просеивание всех химикатов осуществляется вручную, сито для бертолетовой соли должно иметь маркировку «Только для $KClO_3$ ». Бертолетова соль ядовита, токсична. Ее измельчение и просеивание производится в респираторах, перчатках, нарукавниках. Компоненты взвешиваются на торговых весах из расчета одновременного приготовления (партии) не более 10 килограммов состава. Смешивание производят в смесителе емкостью = 50 литров. Продолжительность смешивания состава 10-15 минут. От каждой партии состава берут пробу — 50-100 граммов и сжигают открытым способом. Состав должен гореть с обильным выделением белого дыма без вспышек и замедлений. Бертолетова соль просеивается и взвешивается в одном помещении.

Вся тара для переноски и взвешивания химикатов должна быть без щелей, во избежание просыпания их на пол. Случайно просыпанный состав или химикат должны быть убраны немедленно. Засыпка и прессование состава в гильзы осуществляются вручную при помощи мерного стакана и ручного пресса. Поверх основного состава засыпают воспламенительный — 5-10 граммов; на него осаживают диафрагму и запрессовывают. Стык диафрагмы с гильзой (корпусом) промазать ПВА-эмulsionей.

Готовые шашки упаковывают в ящики, где находится определенное число шашек, то есть во все ящики упаковывается определенное количество МПШ и ни на одну больше, ни на одну меньше. На боковую стенку ящика приклеивается этикетка установленного образца с указанием изделия, количества его, даты

ПИРОТЕХНИК

изделия и фамилии ответственного пиротехника. Перед работой в помещениях надо сделать мокрую приборку, предметы и инструменты, ненужные для данного процесса по изготовлению шашек, вынести. Все работы с составом, где присутствует бертолетова соль, производить в респираторах, перчатках, нарукавниках и фартуках.

Воспламенительным составом в шашках МПШ-5 и МПШ-6 служит павильонный дымсостав, рецепт и технология изготовления которого приводятся отдельно. Хранятся на складах такие шашки наравне с другой продукцией, особой опасности они не представляют, однако надо всегда соблюдать правила инструкции по хранению, транспортировке и применению на месте съемок этих шашек. Надо следить за чистотой не только в кабине при производстве шашек, но помнить и о том, что в кузове наших автомобилей должна быть чистота, так как при неаккуратной работе, при перевозках распатронированных или вскрытых шашек могут смешиваться совершенно несовместимые химические материалы, в том числе и такие, присутствие или небольшие примеси которых могут вызвать самовозгорание состава или того мусора, который находится на полу кузова в результате трения ящиков, сбитых гвоздями, по металлическому полу кузова автомобиля. Вскрытие по каким-либо причинам шашки должны уничтожаться на месте съемок сжиганием или замачиванием и к дальнейшим перевозкам не допускаться. Поджигать шашки МПШ надлежит отрезком стопина или вставленной в отверстие диафрагмы ветровой или охотничьей спичкой. Второй спичкой надо поджечь эту спичку, заранее вставленную в отверстие диафрагмы.

Малые шашки белого дыма

Рецепт белого дыма для павильонов и интерьеров

Бертолетова соль — 44 весовые части (в/ч.)

Нашатырь (аммоний хлористый) — 36 в/ч.

Канифоль живичная — 16 в/ч.

Мел (пудра) — 4 в/ч.

Все химикаты просеивают через сита, указанные в тексте.

Рецепт белого дыма для использования на открытом воздухе

	I вариант	II вариант
Бертолетова соль	— 44 в/ч.	— 47 в/ч.
Нашатырь (аммоний хлористый)	— 36 в/ч.	— 38 в/ч.
Горный воск	— 16 в/ч.	— 15 в/ч.
Мел (пудра)	— 4 в/ч.	— 2 в/ч.

Очень многое зависит от качества химиката — нашатыря. Необходимо сделать пробы, в 1 кг весом, обоих вариантов и сравнить полученные результаты. Выбор зависит от тех целей, которые вы хотите достичь.

Технология изготовления шашек цветного дыма Основные характеристики, рецепты, значение химикатов, инструменты и меры безопасности при их изготовлении

По этой технологии можно изготавливать дымовые шашки девяти различных цветов: красного, оранжевого, желтого, фиолетового, синего, сиреневого, голубого, коричневого, зеленого. При необходимости можно получить практически любой цвет дыма за счет смешивания некоторых частей различных составов. Процесс изготовления шашек цветных дымов исключает применение различных прессов. Состав засыпается в корпуса-гильзы с небольшим ручным уплотнением. Основные характеристики шашек цветных дымов: вес — 430 граммов; продолжительность горения — 1,5 минуты; гарантийный срок хранения — 2 года.

Устройство корпуса-гильзы немного отличается от корпусов для шашек черного дыма № 1 и № 2 лишь тем, что внутри такой гильзы в верхней ее части приклеивается кольцо из картона после засыпки состава в гильзу на это кольцо осаживается диафрагма и верхний край гильзы отбортовывается внутрь гильзы, как и нижний. По практике нашего цеха, если есть решение изготовить шашки какого-то цвета и имеются для этого все материалы — делается большая партия этих шашек, так как работать с красителями много дней подряд трудно — они очень пачкаются. Отработано на практике, что партия шашек любого дыма, ее изготовление проходит в одну рабочую смену. Соответственно количеству работы и потребности

Шашки цветного дыма

в шашках организуется и бригада пиротехников в количественном отношении. Вот рецепты цветных дымов.

I. Красного дыма

Бертолетова соль ($KClO_3$) — 24,3%.

Тиомочевина — 1,1%.

Дициандиомид — 28 %.

Краситель жирорастворимый «С» или «К» — 46,6%.

II. Оранжевого дыма

Хлорат калия ($KClO_3$) — 24,6%.

Тиомочевина — 1,1%.

Дициандиомид — 28,5%.

Краситель жирорастворимый оранжевый — 45,8%.

III. Желтого дыма

Хлорат калия — 24,3%.

Тиомочевина — 1,1%.

Дициандиомид — 2%.

Краситель жирорастворимый «С» или «Ж» — 46,6%.

IV. Фиолетового дыма

Бертолетова соль — 23%.

Краситель фиолетовый — 46,6%.

Лактоза — 18%.

V. Синего дыма

Бертолетова соль — 25,7%.

Тиомочевина — 1,1%.

Краситель фиолетовый — 27, %.

Краситель «индиго» синтетический — 28,4%.

Лактоза — 17,1%.

VI. Сиреневого дыма

Бертолетова соль — 23,5%.
 Тиомочевина — 1,1%.
 Дициандиомид — 14%.
 Краситель жирорастворимый красный «С» или «К» — 24%.
 Краситель фиолетовый — 14%.
 Краситель «индиго» синтетический — 14,4%.
 Лактоза — 9%.

VII. Зеленого дыма

Бертолетова соль — 25%.
 Тиомочевина — 1,1%.
 Дициандиомид — 1,4%.
 Краситель жирорастворимый желтый «С» или «Ж» — 23%.
 Краситель фиолетовый — 13,6%.
 Краситель «индиго» синтетический — 14,2%.
 Лактоза — 8,6%.

VIII. Голубого дыма

Бертолетова соль — 23%.
 Краситель жирорастворимый «цвет морской волны» — 59%.
 Лактоза — 18%.

IX. Коричневого дыма

Состава желтого дыма — 30%.
 Состава синего дыма — 30%.
 Состава фиолетового дыма — 40%.

Шашки цветного дыма

Эта комбинация из трех составов, образующая дополнительный состав, показывает, что можно сделать практически любой цвет дыма, комбинируя смеси основных цветов. Давайте посмотрим на рецепты, на каждый компонент внимательно: вот окислитель — бертолетова соль, хлорат калия — он необходим в каждом рецепте, в каждом составе, и на его долю по процентному соотношению приходится около 25%. Горючих вместе с дымообразующими химикатами тоже от 20% до 25%. А вот краситель представлен уже большим количеством — от 50% и более. Малое количество тиомочевины указывает на то, что этот химикат-горючее очень активен и присутствует в рецептах, где может затухать реакция, а уж больший процент ее в наших рецептах нежелателен, потому что вместе с бертолетовой солью даст весьма активный, а значит и высокотемпературный состав. Посмотрим на примерную схему построения рецептов цветных дымов: у нас есть и другие химикаты, помимо тех, что представлены в рецептах. При наличии их можно добавлять в составы, но это будет за счет уменьшения процентов красителя. Значит, дыма при горении будет образовываться меньше. Мы знаем, что все эти рецепты, все смеси, если их зажечь без красителя, будут выделять при горении белый дым, гореть будут быстро, а иногда это может быть просто вспышка. Краситель в каждом составе берет много температуры на свое разложение, на свою возгонку, на свое парообразное состояние вместе с дымообразующим горючим. Здесь же каждый состав рассчитан на то, чтобы создать необходимую для возгонки красителя температуру и зажечь

дымообразующий химикат. Во всех наших рецептах красители самые разнообразные, дающие разный цвет дыма, а дымообразующими химикатами являются дициандиомид и лактоза. Одновременно эти два химиката-компоненты являются и горючими. Мы как-то говорили, что многие химикаты несут не одну нагрузку, выполняют не одну функцию в пиротехнических рецептах, и это мы видим на примере наших рецептов цветных дымов. Поставщиком же кислорода — окислителем во всех этих рецептах является бертолетова соль, хлорат калия.

Технология получения вспышек цветного дыма, кратковременного и интенсивного эффектов

Чтобы обеспечить этот эффект, надо взять нужного цвета готовую смесь, насыпать на плотную ткань типа «бортовки» в количестве 15–30 граммов, края ткани собрать и туго затянуть шпагатом или крепкой ниткой. Перед использованием проколоть шилом ткань возле узла и в это отверстие вставить нить стопина. В нужный момент поджечь нить стопина спичками или электровоспламенителем. При горении пары красителя проходят через отверстия в ткани и обеспечивают желаемый эффект. От величины такого изделия зависит количество выделенного дыма и продолжительность горения вспышки. Более интенсивное горение, а значит, и более мощный эффект, но меньший по времени, можно получить, если в изделие вставить не один отрезок стопиновой нити, а два-три. Сгорание состава будет более скрым за счет горения стопиновой нити.

Использовать цветной дым даже в виде вспышек в павильонах и интерьерах других зданий запрещено, запрещено их использование и среди людей при натурных съемках. При необходимости использования вспышек в павильонных декорациях на съемках лабораторий или других объектов; особенно в фильмах научной фантастики, необходимо письменное разрешение главного инженера киностудии и главного диспетчера производства, а в их отсутствие — лиц, заменяющих их официально, то есть по приказу Генерального директора. Запрещено использование цветного дыма в крупных городах, вблизи детских учреждений: школ, яслей, детских садов, пионерских

лагерей, а также во всех санаторно-курортных зонах и зонах домов отдыха.

Пиротехник должен помнить, что работа с цветными дымами даже на съемке должна производиться в перчатках, так как контакт с красителями неизбежен при поджигании шашек, их перенося в горящем виде, а так же при подготовке шашек к работе. Шашки цветного дыма взрывной опасности не представляют из-за своего очень инертного состава, за счет большого количества в смеси жирорастворимых красителей; не представляют они и пожарной опасности, так как реакция, горение происходит внутри ее корпуса, внутри гильзы, и открытого пламени на поверхности не образуется. Надо помнить также и о том, что многие жирорастворимые красители способны слеживаться при длительном хранении. Поэтому все шашки цветных дымов перед их поджиганием надо энергично встряхнуть несколько раз, а при более длительном их хранении, надо взрыхлить часть состава через отверстие диафрагмы, в это отверстие вставить отрезок стопиона длиной 12-15 см и поджечь его. При получении шашек цветных дымов со склада обязательно надо обратить внимание на дату их изготовления, необходимо помнить, что гарантийный срок их хранения — два года, при более длительном хранении шашки могут не загораться и на съемках нужного эффекта при горении не дадут. При изготовлении вспышек из состава таких долго лежащих шашек необходимо состав их снова пропустить через сито, опробовать вспышки в специально отведенном месте, чтобы быть уверенным, что требуемый эффект будет обеспечен.

Изготовление пиротехнических вспышек малого размера

Эти пиротехнические изделия применяются на киносъемках в самых различных обстоятельствах. При помощи вспышек малого размера можно имитировать даже в павильонах закадровую грозу, в кадре — электрозамыкание, фотовспышки, стрельбу из различных видов оружия. При съемках комбинированных кадров на макетах этими вспышками можно имитировать воздушный бой самолетов, взрывы на земле и в воздухе снарядов и даже авиабомб небольшого размера (при строгом соблюдении масштабности), с предварительной подготовкой грунта в месте этих разрывов. Вспышки малого размера пользуются популярностью как среди пиротехников, так и среди постановочных коллективов кинофильмов. Вспышки эти обычно делаются от 5 до 50 граммов, поэтому они и называются малыми, в отличие от больших, речь о которых впереди. Эффект этих небольших изделий двойной: появление яркой, все освещющей вспышки огня и, мгновение спустя, образование клуба дыма — белого, черного, цветного. Срок хранения таких вспышек три месяца. Такие вспышки, как правило, изготавливаются целевым назначением, для определенного фильма и даже для определенного кадра или сцены, эпизода. Технология изготовления вспышек с цветным дымом нам уже знакома. Знакомы и рецепты таких изделий. А вот вспышка зеленого дыма:

павильонного дымсостава — 20%;
порошка черного дыма — 80%.

Этот состав смешивается механически на столе до однородной массы. Количество одновременного изготовления такого состава не должно превышать 100 граммов. Состав упаковывается в лавсановую пленку, в него вставлен электровоспламенитель с небольшим, 3–5 см, отрезком стопиновой нити, аккуратно собираются вместе все края лавсановой пленки и тую затягиваются шпагатом или крепкой ниткой (нитки Мокея). После изготовления одной партии вспышек их упаковывают в ящики или коробки и лишь потом приступают к изготовлению нового состава такого же количества, т.е. 100 граммов.

Вспышка черного дыма № 1

Соль бертолетова — 77 весовых частей (в/ч).
Антрацен технический обезжиренный — 32 в/ч.
Тиомочевина — 23 в/ч.
Сажа — 5 в/ч.

Эта смесь готовится также на столе, на клеенке. Здесь необходима строгая последовательность смешиваемости компонентов. Мы знаем, что тиомочевина является весьма активным горючим, в смеси с бертолетовой солью в частности и с хлоратами вообще из-за свободного присутствия серы в этом химикате. А антрацен — не активное горючее. Так, при смешивании этого состава надо вначале смешать антрацен с тиомочевиной, смешать очень тщательно, скрупулезно; затем в эту смесь ввести сажу и снова очень хорошо смешать, и лишь потом вводить в эту смесь бертолетову соль. После ввода в состав бертолетовой соли его снова тщательно перемешать. Данный состав очень опасен и чувствителен. Одновременно его изготавливать

Вспышки малого размера

разрешено не более 100 граммов. После ввода зажигательного элемента, состоящего из электровоспламенителя и отрезка стопина, состав упаковывается в лавсановую пленку и затягивается шпагатом или крепкой ниткой Мокея.

Вспышка черного дыма № 2

Порошок ПАМ (сплав Al+Mg) № 4 — 16%.
Гексахлорбензол — 60%.
Фторопласт — 20%.
Порошок магния (МПФ-4) — 4 %.

В этой смеси очень много окислителя — гексахлорбензола — 60%, и поэтому смесь будет с положительным кислородным балансом, несмотря на то, что горючих довольно много — 40%. Особых указаний на то, как и что в первую очередь смешивать, нет. Однако надо помнить, что смеси по таким рецептам хранить более трех месяцев не рекомендуется, как и те смеси, которые представляют собой так называемые световые вспышки, рецепты которых помещены ниже. Вот, например, рецепт белой осветительной вспышки:

калий азотнокислый (нитрат калия) — 30%;
порошок ПАМ-4 (сплав Al + Mg) — 65%;
идитол — 5%.

Незнакомых и неожиданных для нас химиков-компонентов в этом рецепте нет. Кислородный баланс уравновешен с небольшим недостатком за счет большого количества горючих компонентов. Тонко измолотый порошок сплава алюминия и магния хорошо перемешивается с нитратом калия, и его преобладающее присутствие в данной смеси обеспечивает хорошее свечение и освещение. Идитол здесь не только горючее, но и катализатор. Порядок смешивания не имеет большого значения,

надо только проследить, чтобы химикаты были сухими. Сито для всех компонентов рекомендуется не крупнее № 43.

А вот вспышка с подкрашенным красноватым светом, который выделяется за счет горения стронция:

соль бертолетова ($KClO_3$) — 10%;
порошок магния № 4 (МПФ) — 30%;
стронций азотнокислый (нитрат) — $Sr(NO_3)_2$ — 60%.

Можно заметить, что в этом рецепте большое преобладание окислителей над горючим. Об этой смеси можно сказать, что она составлена с большим положительным кислородным балансом. 30% порошка магния обеспечивают хорошее свечение, яркость. Бертолетова соль собственного цвета пламени не имеет, здесь же она нужна для катализа реакции, так как нитрат стронция по чувствительности намного ей уступает. При таком построении смеси и реакция проходит быстро, и подсветка красноватого цвета устраивает и пиротехников, и заказчика — постановочные коллективы кинокартин. Поскольку у нас вспышки от пяти граммов до пятнадцати, то здесь не всегда удобно и выгодно применять лавсановую пленку. Вспышки, вес которых выше десяти граммов, выгоднее и удобнее паковать в полизиленовые мешочки малых размеров. Нужное количество пиротехнической смеси насыпают по весу или мерке в полизиленовый мешочек, помещают туда электровоспламенитель с зажатыми в нем отрезками стопиновой нити по 3—5 см, горловину мешочка крепко перевязывают ниткой Мокея.

Но прежде чем приступить к изготовлению вспышек, надо убедиться, что все материалы, необходимые для работы, подготовлены. Имеется в виду: не только

Вспышки малого размера

химикаты, но и подсобные материалы должны быть получены со склада и находиться в распоряжении пиротехника или бригады пиротехников. Особое внимание надо уделить химикатам, из которых будут изготавливаться вспышки. Если химикаты не отвечают требованиям стандарта по влажности — их надо просушить. Насыпают химикаты на лотки из дерева или картона слоем 2—3 см и просушивают в течение суток при температуре 35—40°C. Мелкие вспышки от пяти до пятнадцати граммов, как правило, упаковываются в картонные коробки или гильзы и лишь затем в ящики. На коробках или гильзах в таких случаях наклеиваются этикетки, где указано изделие, количество изделий, вес каждого, дата изготовления и фамилия пиротехника, изготовившего вспышки. Смешиваются такие составы, как правило, за щитом и в крайнем случае в защитных очках и кожаных перчатках.

Применение вспышек в павильонах и интерьерах зданий возможно по согласованию с пожарным надзором. Хранить и перевозить вспышки следует в закрытой таре. На съемке вспышки надо держать всегда под наблюдением или в ящике под замком, исключая их хищение и возможные травмы тех, кто будет пользоваться безграмотно, не зная правил предосторожности при работе с такими изделиями. Если вспышки используются в декорациях или интерьере, обязательно пользование asbestosовым ковриком или другим изолирующим материалом во избежание пожара и порчи окружающих предметов и оборудования. Неиспользованные вспышки по истечении срока хранения на склад цеха не сдаются, а уничтожаются на месте работы.

Технология изготовления факелов красного цвета

Рецептура и технология изготовления осветительно-пиротехнических средств разработаны в нашем цехе в расчете на киносъемки. Эти средства применяются в случаях, когда по условиям киносъемки необходима подсветка мерцающим светом участников или объектов съемки. Осветительные пиротехнические средства хорошо имитируют световые эффекты пламени костра, усиливают и дополняют изобразительный эффект при съемке пожаров, имитируют освещение боевыми осветительными средствами людей, предметов, местности. Осветительные факелы состоят из цилиндрических корпусов, наполненных соответствующим пиротехническим составом. Нижний торец корпуса отбортован внутрь гильзы и в него впрессован картонный кружок изнутри, а на их стык снаружи нанесен клей ПВА. Верхний кружок также картонный, впрессован поверх состава, и его стык с корпусом также промазан kleem.

Вот основные характеристики факелов:

Наименование	Факелы красного огня	Факелы белого огня
Вес	1 кг	1,1 кг
Время горения	2 мин.	2 мин.
Сила света	1000 люкс	70000 люкс
Чистота цвета	90-92 %	100 %
Спектр излучения	605-610 ммк	-
Срок хранения	1 год	1 год

Корпуса для факелов изготавливаются уже знакомым нам образом. Накатником-навойником (навойник — от слова «навивать, накручивать») служит

Факелы красного цвета

хорошо отшлифованный металлический вал, диаметр которого равен 80 мм. Значит и внутренний диаметр гильз, и кружков, используемых для дна, и крышки изделия будет таким же, равным 80 мм. Высота такого корпуса гильзы равна 150 мм. На специальном станке один торец гильзы отбортовывается внутрь гильзы, другой остается ровным. Навивка-накатка бумаги происходит с одновременным промазыванием казеиновым kleem и уплотнением, прикатыванием прижимным валиком. После высыхания готовой длинной гильзы на специальном станке гильзы режутся нужной длины и отбортовываются. Число слоев бумаги при накатывании равно 16; они обеспечивают прочность гильзы при запрессовке в нее пиротехнического состава при довольно большом удельном давлении пресса 5 кг/см² (атмосферы), которое обеспечивает нормальное горение спрессованного пиротехнического состава.

Рецепт состава красного (красно-оранжевого) факела

Стронций азотнокислый — 65%, влажность — не более 2%.

Порошок магния № 3 или № 4 — 11%.

Уротропин — 19%, влажность — не более 2%.

Сырой буроугольный воск — 5%.

Масло веретенное (сверх 100%) — 2,5%.

Особое значение имеют малая влажность компонентов и их измельчение. Влажность не должна превышать двух процентов.

Пиротехник должен определить: могут ли химикаты в таком состоянии вводиться в состав или их надо просушить. Если химикаты требуют просушки, их просушивают при температуре 30–40°C.

Лотки для просушки химикатов должны быть чистыми и сухими. Просушивание окислителя, в данном случае нитрата стронция, должно производиться отдельно от других химикатов.

Измельчение нитрата стронция и уротропина осуществляется на воздушной мельнице до пылевидного состояния. Буроугольный воск размалывается на шаровой мельнице. Магний (порошок магния) употребляется без измельчения и просеивания, так как величина его уже определена его номером. Все работы по измельчению и просеиванию должны производиться в резиновых перчатках и респираторах. Для нитрата стронция и буроугольного воска предназначено сито № 25, для просеивания уротропина — № 19. Компоненты состава взвешивают на торговых весах с точностью до 10 граммов, из расчета одновременного приготовления 10 кг пиротехнической смеси. Взвешенные компоненты помещают в пятидесятилитровый смеситель, закрывают крышку и включают двигатель смесителя. Время смешивания состава — не менее 10 минут. Смешанный, готовый состав передают на запрессовку, постоянно следя, чтобы состав не просыпался на пол. В случае просыпания состава на пол — его немедленно надо убрать. Пиротехники при работе обязаны пользоваться резиновыми перчатками и респираторами. Готовую смесь засыпают в бумажные гильзы-корпуса и прессуют в две засыпки. Ход плунжера пресса регулируют. Расстояние от поверхности состава до верхнего среза корпуса после последней запрессовки должно быть 15–20 мм. Удельное давление пресса при запрессовке должно быть около 5 атмосфер ($\text{кг}/\text{см}^2$). На состав запрессовыва-

Факелы красного цвета

ется картонный кружок. Стык кружка и корпуса промазывается kleem PVA. На каждом изделии, на каждом факеле ставится штамп «Факел красного огня».

Требования безопасности при запрессовке факелов выполнять легко. До начала работы в помещении производится мокрая уборка. Посторонние предметы, инструменты, материалы, не нужные для изготовления факелов, — убираются. Пиротехники работают в резиновых перчатках и респираторах. Случайно просыпанный состав убирается немедленно. Надо постоянно следить за чистотой в помещении; на столах и на станине пресса не должно быть смеси. Готовые изделия упаковываются в ящики и по мере накопления ящиков в помещении выносятся наружу. На каждом ящике, на боковой его стенке, наклеивается этикетка с названием изделия, количеством изделий в ящике, датой изготовления и фамилией ответственного за изготовление пиротехника. Затем ящик забиваются гвоздями, пломбируют и сдаются на склад для хранения.

Краткое изложение технологии изготовления осветительных факелов белого огня

Технология изготовления факелов белого огня немного отличается от технологии изготовления факелов красно-оранжевого огня. Корпуса или гильзы те же. Смешивание основного состава, просеивание и измельчение химикатов — такие же. Но при изготовлении факелов белого огня требуется еще и воспламенительный состав. Это не простая смесь, о воспламенительных составах мы говорили ранее, а теперь на эту, воспламенительную смесь надо обратить особое внимание, вернее на порядок смешивания химикатов и компонентов именно этого воспламенительного состава.

Рецепт соотношения компонентов составов в факелях белого огня

Название компонентов	Содержание основного состава	Содержание воспламенит. состава	Влажность, не более
Нитрат бария – Ba(NO ₃) ₂	56 %	-	2 %
Нитрат калия – KNO ₃	11 %	75 %	2 %
Барий фтористый – BaF ₂	6 %	-	2 %
Порошок алюминия – ПА – 4	19 %	-	-
Сера – S	8 %	-	-
Масло веретенное (сверх 100)	2,5 %	-	-
Порошок магния (МПФ – У)	-	15 %	-
Идитол – C ₁₁ H ₂₂ O ₂	-	10 %	-
Основной состав	-	+ 100 %	-

Требования к химикатам-компонентам, их просушивание, измельчение и просеивание те же, что и при изготовлении факелов красного огня. Нитраты и барий фтористый просеиваются через сито № 25; сера, идитол — через сито № 43. Но мы

Осветительные факелы белого огня

должны сделать воспламенительный состав, где есть свои особенности. 100 граммов идитола и 150 граммов порошка магния необходимо смешивать на столе вручную не менее 5 минут. Когда эти два компонента будут хорошо смешаны и будут представлять на вид однородную массу, в них вводят 750 граммов нитрата калия, калия азотокислого, и тщательно перемешивают вручную. Затем эту смесь — ее получилось у нас ровно 1 килограмм — смешивают с одним килограммом основного состава. Категорически запрещено изготавливать такого воспламенительного состава более 2-х килограммов. Состав чувствителен к удару, трению и особенно к лучу огня. При изготовлении этого состава надо быть особенно внимательным и избегать механических нагрузок на него. Работу по изготовлению этого состава осуществляют в резиновых перчатках и респираторах. Прессование, отделка и упаковка факелов белого огня, а также меры безопасности при этих операциях аналогичны соответствующим операциям для факелов красного огня. Но у нас есть воспламенительный состав и поэтому добавление: перед прессованием последней засыпки основного состава на него сверху в центре добавляют воспламенительный состав мерной посудой или мерным совочком — 25-30 граммов. На этот состав запрессовывают картонный кружок. Стык кружка с корпусом промазать kleem PVA. На каждом изделии, на каждом факеле ставится штамп: «Факел белого огня». Готовые изделия упаковываются в ящики по строгой норме для каждого типа ящиков. На боковой стенке ящика наклеивается этикетка

ПИРОТЕХНИК

с соответствующими надписями на ней. По мере накопления ящиков в помещении их выносят наружу, а в конце рабочей смены сдают на склад готовой продукции для хранения.

Все без исключения изделия на склады цеха сдаются по акту. Получение всех без исключения материалов со склада для производства любых пиротехнических изделий осуществляется по накладным квитанциям. Кладовщик или заведующий складами пиротехнической мастерской выписывает и выдает материалы по распоряжению начальника цеха или лица, официально, на основании приказа, его заменяющего.

Технология изготовления фальшфейеров

Фальшфейеры — ручные факелы — применяются при киносъемках, когда необходима эффективная подсветка небольших участков кадра, высвечивание крупных планов и т.д. Фальшфейеры отличают от больших факелов спокойный характер горения, позволяющий применять их в непосредственной близости от людей и переносить в руках, простота конструкции, надежность в работе. Наша технология позволяет изготавливать фальшфейеры четырех цветов: красного, желтого, зеленого, белого. Основные характеристики фальшфейеров:

вес — 120 граммов;
внутренний диаметр — 17,5 мм;
длина с рукояткой — 30 см;
время горения — 2 минуты;
срок хранения — 12 месяцев.

Устройство фальшфейеров довольно простое: в бумажную трубку запрессован состав, толщина стенок рассчитана на одновременное сгорание с составом. Верхняя часть трубки обжата, и в эту часть введен стопиновый шнур, служащий воспламенительным элементом. В нижнюю часть трубки введена деревянная рукоятка, она предназначена для безопасного пользования фальшфейером при его горении. Длина оболочки — 20 см, длина рукоятки — 13 см. Картонные кружки, служащие изоляторами от огня к рукоятке, вырубаются на ручном станке, диаметр их также 17,5 мм. В каждый фальшфейер вставляется по два кружка. Бумажная трубка делается из патронной бумаги в два оборота, чтобы она сгорала вместе с пиротехнической смесью.

Соотношение компонентов в составах фальшфейеров

Наименование компонентов	Содержание химикатов, %				Влажность
	красного	желтого	зеленого	белого	
Нитрат стронция	60	-	-	-	2%
Mg (МГФ У)	20	14	15	7,2	-
Гексахлорбензол	10	-	15	12	2%
Идитол	10	7	5	-	-
Масло веретенное	2	1	2	2,4	-
Нитрат бария	-	55	65	52	2%
Пудра алюминиевая	-	-	-	14,4	-
Нитрат калия	-	-	-	12	2%
Нитрат кремнефтористый или криолит	-	23	-	-	2%

Химикаты, не удовлетворяющие требованиям по влажности, просушивают на лотках при температуре 30–40°C. Толщина слоя химикатов на лотках — 2–3 см. Лотки и стеллажи для просушки химикатов должны быть чистыми и сухими. Просушивание окислителей должно производиться отдельно от других компонентов. Для этих изделий все нитраты измельчаются на воздушной мельнице. Просеивание компонентов производят вручную, протирая их через следующие номера сит:

- нитраты, окислители — № 25;
- идитол — № 43;
- гексахлорбензол — № 25.

Во время приготовления составов компоненты-химикаты взвешивают на весах из расчета одновременного приготовления не более 10 кг смеси на партию. Взвешенные компоненты помещают в смеситель и смешивают в нем не менее 10 минут. Убедившись в хорошем качестве состава, его выгружают из смесителя и передают на снаряжение.

Фальшфейеры

Тара, в которой переносится готовый состав и отдельные компоненты, должна быть чистой и без щелей во избежание попадания посторонних примесей и просыпания их на пол. Случайно просыпанный состав убирают немедленно. Сборка и снаряжение проходят так: бумажные гильзы склеивают вручную из двух оборотов бумаги и устанавливают на просушку на 24 часа при температуре не ниже 25°C; при этом надо их поместить так, чтобы гильзы не деформировались. Деревянные рукоятки изготавливают из сухого материала. Один из концов рукоятки смазывают kleem PVA на ширину 80 мм и вставляют в гильзу, затем закрепляют ее в гильзе двумя гвоздями. С верхнего торца гильзы опускают смазанные kleem PVA два картонных кружка до упора с торцом рукоятки. В таком виде просушивают 24 часа при температуре 20–30°C. Стопиновую нить нарезают по 10 см длиной и вставляют в бумажные трубки «макароны» так, чтобы 2–3 см стопиновой нити были оголенными. Для набивки фальшфейеров необходимо специальное приспособление: бруск из плотной древесины, длиной 30 см с просверленным внутри отверстием, диаметр отверстия = 20 мм. В это отверстие вставляется гильза с рукояткой вниз. Мерным совком насыпают состав в гильзу для запрессовки; насыпка состава не должна превышать $\frac{1}{4}$ всего веса фальшфейера. Легким постукиванием деревянного или пластмассового молотка по набойнику состав уплотняют. Операцию повторяют, пока до края гильзы не останется 5 см. Затем вводят воспламенительный элемент — стопин в «макароне» — в

верхнюю часть фальшфейера и, затягивая, завязывают прочной ниткой или шпагатом с таким расчетом, чтобы стопин крепко держался в горловине фальшфейера. Краской, соответствующей цвету фальшфейера, наносят полосу на корпус, обозначая таким образом цвет изделия. Упаковывают фальшфейеры по 50 штук в ящик, свободные места в ящике заполняют макулатурой, чтобы изделия не перемещались в ящике при транспортировке. На стенку ящика наклеивается этикетка с соответствующей информацией об изделиях.

До начала всех работ в помещениях по изготовлению фальшфейеров необходимо провести влажную уборку. Просеивание компонентов, развеску, смешивание и запрессовку состава фальшфейеров производят в респираторах и резиновых перчатках.

Технологический процесс при изготовлении сложного изделия «Парашютный осветительный факел»

Сложная технология и длительный подготовительный процесс при изготовлении этого изделия оправдан, так как в результате позволяет получить изделие, обладающее достаточной силой света для имитации световых эффектов при съемке ночных батальных сцен и пожаров. Это изделие имитирует боевые осветительные средства, применявшиеся во времена Великой Отечественной войны, и само может служить объектом съемки весьма эффектных кадров. Применение беспресовой технологии с использованием фенольно-резерциновой смолы в качестве связующего (цементатора), делает процесс изготовления относительно безопасным и упрощает работу над изделием.

Основные технические характеристики «Парашютного осветительного факела»:

общий вес — 750 г;
вес осветительной звездки — 250 г;
максимальная сила света — 35000 люкс;
время горения звездки — 15 сек;
высота подъема изделия — 50 м;
гарантийный срок хранения — 12 мес.

Устройство этого изделия таково: в мортиру помещен вышибной заряд дымного пороха. На этот заряд опущена факельная сборка, состоящая из корпуса с замедлителями. В корпус помещена осветительная звездка с закрепленным в ее верхней части фалом из огнестойкого материала. К фалу (тросику) привязаны восемь строп парашюта. Воспламенение

вышибного заряда осуществляется через электровоспламенитель. От вышибного заряда загораются замедлители, которые помещены в нижнем торце факельной сборки. Продолжительность их горения рассчитана на передачу огневого импульса для воспламенения осветительной звездки в высшей точке полета.

Газы горящей звездки отбрасывают корпус факельной сборки, парашют освобождается, и горящая звездка парашютирует до полного сгорания. Она заканчивает свое горение не долетая до земли 15–25 метров. Поэтому «Парашютные осветительные факелы» можно применять, не боясь возгорания предметов, находящихся на земле.

Изготовление картонных элементов:

Наименование	Мортира	Факельная сборка	Форма для звездок	Технология изготовления или снаряжения
Диаметр навойника для изготовления	64 мм	60 мм	59 мм	Навивка бумаги на станке с казенновым kleem
Общая высота	215 мм	108 мм	60 мм	Обрезка по размеру на станке
Количество навиваемых слоев бумаги	20	8	5	—
Картонные кружки: диаметр толщина количество	64мм 2 мм 2 шт.	60 мм 2 мм 3 шт.	— — —	Вырубка кружков на прессе
Отверстия для замедлителей	—	2 отверстия Ø=6,2 мм	—	Сверлильный станок
Высота отбортовки края корпуса	15 мм	—	—	Токарный станок с приспособлением

Безопасные условия работ при изготовлении картонных и бумажных заготовок обеспечиваются в соответствии с инструкциями по технике безопасности при работе на соответствующем оборудовании. Мортиры, как и все гильзы в нашем цехе,

Парашютный осветительный факел

сначала накатываются — навиваются с рулона патронной бумаги. Затем разрезаются на необходимую длину и отбортовываются внутрь с одного торца на 15 мм. Изнутри на эту отбортовку осаживают на kleю 2 кружка. Мортира будет готова к применению по истечении 24 часов просушки при температуре 25–30°C. Снизу, в боковой стенке мортиры просверливают отверстие сверлом 3 мм с таким расчетом, чтобы оно (отверстие) было выше донной части мортиры на 5 мм изнутри мортиры. Корпус факельной сборки делают так же, как и мортиру, соблюдая свои размеры. В кружке нижней торцевой части корпуса сверлом, диаметр которого 6,2 мм, делают два отверстия. В эти отверстия на kleю ПВА устанавливают отрезки огнепроводного шнура (замедлителя) длиной 40 мм с таким расчетом, чтобы 10 мм этого шнура (отрезков замедлителей), выступали с наружной стороны корпуса факельной сборки. В таком виде факельная сборка просушивается 24 часа при температуре 25–30°C. Звездки формуются в цилиндрической гильзе, изготовленной из 5 оборотов патронной бумаги марки «А».

Парашют представляет собой правильный прямоугольник, каждая сторона которого равна 80 см. При массовом изготовлении «парашютных осветительных факелов» делают шаблон из картона или из фанеры, по которому осуществляют крой парашютов из ткани «Эксцельсиор» или «Батист». Одновременно можно кроить десять слоев ткани для десяти парашютов. Фал делают из стального провода (троса) диаметром 1 мм, длина — 70 см. Огнестойкую часть фала и «т»-образную скобу делают

из проволоки «Нихром» диаметром 0,7–1,0 мм. Стропы парашюта делают из крученой стеклонити. Длина каждой стропы — 70 см. Стропы привязывают к каждому углу парашюта, а внизу пучком привязывают к фалу. Вышибной заряд — 10 граммов пороха засыпают мерным стаканчиком в ситцевый мешочек. В порох вводят электровоспламенитель и завязывают мешочек крепкой ниткой, исключая высыпание пороха. В процессе изготовления вышибных зарядов на рабочем месте не должно быть пороха более 300 граммов или 30 готовых вышибных зарядов. Вся работа с порохом должна производиться в изолированном помещении, согласно требованиям инструкций по работе с взрывчатыми веществами. Мортиры и заряды передают в помещение (кабину) для снаряжения полных изделий.

Соотношение компонентов состава при изготовлении «Парашютных факелов» — рецепт смеси

Наименование компонентов	Содержание в смесях % %			Влажность — H ₂ O — не более
	Основного	Воспламенит.	ФРП*	
Барий азотокислый	16	—	—	2%
Сера	2,5	—	—	—
Алюминия пудра	10	—	—	—
Состав ФРП	3,5	25	—	—
Алюминия порошок	8	—	—	—
Нитрат калия	—	75	—	2%
Смола - ФР - 12	—	—	93	—
Параформ порошок	—	—	7	—

*ФРП-12 — фенольно-резерциновая смола и введенный в нее порошок параформа в качестве затвердителя — является цементирующим средством и одновременно горючим в данной смеси.

Порошок и пудра алюминиевые, параформ, а также сера — поступают на производство без

Парашютный осветительный факел

предварительной просушки. Нитраты бария и калия, если они не отвечают требованиям по влажности, просушивают при температуре 35–40°C в течение 24 часов на лотках слоем 2–3 см. Лотки и стеллажи должны быть чистыми и сухими. Измельчение нитратов, а иногда и серы, осуществляют на воздушной мельнице. Безопасные условия работы на мельнице соблюдаются особо. Просеивание нитратов и серы происходит вручную через сито № 43. Другие компоненты в просеивании не нуждаются.

Приготовление фенольно-резерциново-параформовой смеси — ФРП — происходит так. На точных лабораторных весах, в металлической посуде или стаканчике, взвешивают 31,5 грамма смолы ФР-12 и 3,5 грамма параформа (затвердителя). Всего смеси ФРП получится 35 граммов. Это количество соответствует рецепту. Смешать смесь надо очень тщательно. Причем параформ засыпают в смолу, а не наоборот. 35 граммов ФРП идет на один килограмм основного состава. Именно для основного, так как для воспламенительного состава взвешивают 23,2 грамма смолы ФР-12 и 1,8 грамма параформа. Параформ засыпают в смолу и тщательно перемешивают. Для приготовления основного состава компоненты взвешивают на весах из расчета получения 1 кг смеси. Химикаты насыпают на полиэтиленовую пленку на столе, смешивают, а затем вводят смесь ФРП. Дальнейшее смешивание всего состава производят вручную, добиваясь равномерного распределения смеси ФРП по всей массе состава. Готовый состав передают в помещение для формовки звездок.

Для воспламенительного состава на лабораторных весах взвешивают 75 г нитрата калия, в него вводят подготовленную смесь ФРП, тщательно перемешивают вручную на столе, на полиэтиленовой пленке. Готовый состав передают в помещение для изготовления звездок. Просыпанный случайно состав немедленно убирается. Чтобы отформовать звезду, цилиндрическую бумажную форму (гильзу) устанавливают на столе. Засыпают 1/3 состава, устанавливают «т»-образную скобу и 10 мм фала и уплотняют это количество смеси при помощи деревянного набойника и молотка. Потом засыпают еще 1/3 состава и запрессовывают таким же способом. После засыпки третьей порции наносят при помощи деревянной лопатки 3–5 граммов воспламенительного состава и уплотняют. Готовую звезду осторожно выдавливают руками из формы на лоток. Готовые звездки на лотке отправляют на просушку при температуре 25–35°C в течении 36 часов.

Формование звездок возможно только при достаточной влажности состава. Высохший состав для формования звездок не годится, и его уничтожают. Он становится опасным из-за возможного самовозгорания. Состав, случайно просыпанный, убирают немедленно. Работа по формированию звездок проходит в изолированном помещении с соблюдением всех мер противопожарной безопасности.

Сборка «Парашютного осветительного факела» начинается с того, что скрученные, соединенные между собой концевики электровоспламенителя надо расправить, завести внутри мортиры в отверстие и вытянуть наружу.

Необходимо следить за тем, чтобы пороховой заряд оказался в центре мортиры. В картонных кружках диаметром 59 мм в центре проколоть отверстие = 1 мм, в него пропустить огнестойкую часть фала и приклейте 1 кружок к торцу звездки kleem PVA. Второй кружок оставить на фале. Обе части фала, от парашюта и от звездки,очно связать между собой. Осветительную звездку дослать внутри корпуса факельной сборки до упора в концы огнепроводного шнура-замедлителя. Уложить фал на верхний торец звездки, следить, чтобы фал не запутался. Верхним вторым кружком, закрыть уложенный в корпусе фал. Так фал оказывается между двумя картонными кружками. Взять парашют за его центральную часть и натянуть вместе со сторонами, чтобы все стороны были натянуты равномерно. Сложить парашют по линии углов к центру, затем еще дважды — «гармошкой». Строго внутри корпуса уложить его так, чтобы парашют оказался поверх строп. Поверх парашюта установить картонный кружок. Острым ножом срезать высступающие части огнепроводного шнура заподлицо с поверхностью нижнего торцевого кружка факельной сборки. Опустить сборку на вышибной пороховой заряд, постоянно следя за тем, чтобы огнепроводный шнур, служащий замедлителем, был на пороховом вышибном заряде. Концевики электровоспламенителя собрать и липкой лентой приклеить к стенке мортиры. На каждое изделие наклеить этикетки с точной информацией об изделии.

В помещении, где снаряжаются факелы, не должно находиться более 30 изделий или их заготовок одновременно. Упаковывают парашютные факелы по

ПИРОТЕХНИК

40 (сорок) штук в ящике. На боковой стенке ящика приклеивается этикетка. Свободное место в ящике уплотняется бумажной макулатурой, чтобы исключить перемещение изделий во время транспортировок. Ящики с готовой продукцией в конце рабочей смены или по окончании их изготовления сдают на склад.

Изготовление «фотовспышек»

Эффект фотовспышки служит для имитации вспышки магния при съемке фотоаппаратами старых конструкций, а также в некоторых других случаях при киносъемках. Рецепт фотовспышек:

нитрат бария (сухой) — 55% — сито № 43;
порошок магния № 4 — 45%.

Продолжительность смешивания такого состава — 5–10 минут. Смешивать вручную на столе. Лавсановую пленку толщиной 15–30 мк разрезать на квадраты со сторонами = 7x7 см, и разложить на столе. Меркой в 1 грамм насыпать состав в центр квадрата. Вложить в состав электровоспламенитель, собрать углы и стороны лавсановой пленки и крепко связать. Обрезать ножницами лишнюю пленку вокруг узла, замкнуть концы электровоспламенителя. Упаковать в картонные коробки не более чем по 10 штук фотовспышек на каждую коробку или гильзу, а затем — в ящик.

Измельчение и просевание нитрата бария необходимо производить в респираторе и резиновых перчатках. Смешивание состава производить за предохранительным щитом. Количество одновременно смешиваемого состава не должно превышать 50 граммов. Безопасное расстояние при применении фотовспышек — не менее 0,5 метра от человека.

Имитационные пиротехнические средства

Имитационные пиротехнические средства, которые производят наш цех и о которых разговор будет далее, позволяют получать самые разнообразные эффекты для съемок основных и комбинированных кадров. Большинство этих средств разработано с учетом специфики киносъемок и промышленными предприятиями не изготавливаются. Об одних изделиях, которые производятся массовыми сериями, мы расскажем здесь подробно. О других, применяемых в более редких случаях, поговорим вкратце, дадим только общие сведения (данныя информация рассчитана на пиротехников, работающих в кино), эти средства при желании и наличии материалов можно сделать самостоятельно. Вначале рассмотрим имитатор взрыва.

Технология изготовления имитатора взрыва

Это изделие предназначено для получения эффекта взрыва в тех случаях, когда по условиям безопасности окружающих людей, строений, техники и животных применение промышленных взрывчатых веществ недопустимо. Эффект достигается за счет быстрого (десяти доли секунды) горения и при большой температуре состава, выделяющего черный дым, и способного производить небольшую работу по выбросу легких материалов, за счет чего и обеспечивается требуемый эффект. Имитатор взрыва, подготовленный к работе, может быть помещен в заранее открытую воронку и засыпан торфом, обложен кусками пенопласта, окрашенными под древесные опилки, сажей, предварительно сожженной или обугленной бумагой или установлен открыто на асфальтированной поверхности, на стенах декораций и промышленных конструкциях, что особенно удобно в условиях населенных пунктов или действующих предприятий. Очень важным фактором имитатора взрыва, изготовленного по нашей технологии, отличающим его от подобных изделий, является раздельное снаряжение компонентов состава, что делает его в таком виде относительно безопасным в процессе хранения и перевозок.

Основные характеристики имитатора взрыва

Общий вес — 0,5 кг.

Гарантийный срок хранения — 12 месяцев.

Получаемый эффект — имитация разрыва небольших снарядов, мин, ручных гранат. При одновременном использовании (подключении

электротока) нескольких изделий можно получить эффект взрыва крупнокалиберного снаряда или авиабомбы небольшого веса.

Устройство имитатора взрыва

Имитатор взрыва — одно из пиротехнических изделий, в котором использован принцип раздельного снаряжения основных компонентов (горючее, окислитель и инициирующий взрывной заряд). Имитатор состоит из оболочки (полиэтиленовый рукав), разделенной посередине перетяжкой, а в ее концах находятся компоненты. В одной половине оболочки помещена бертолетова соль — окислитель, ее вес — согласно рецепту.

Рецепт основного состава

Бертолетова соль (хлорат калия) — 41%.

Антрацен обезжириенный — 45%.

Тиомочевина — 14%.

Рецепт разрывного заряда

Азотнокислый калий (нитрат калия) — 38%.

Магний (порошок № 4) — 35%.

Криолит — 7%.

Идитол (сверх 100% состава) — 2%.

Спирт гидролизный на 1 кг состава — 70 гр.

Компоненты, не удовлетворяющие требованиям по влажности, предварительно просушиваются при температуре 30–40°C, на лотках; слой просушиваемых химикатов — 2–3 см. Лотки и стеллажи должны быть чистыми и сухими. Сушка всех окислителей должна производиться отдельно от других компонентов и друг от друга. Просушивают нитрат калия и хлорат калия в разных помещениях из-за опасности самовозгорания при

Имитатор взрыва

попадании этих химикатов одного в другой. Все химикаты при производстве изделий должны быть сухими. Чем меньше влаги в составах — тем дольше эти составы сохраняют свою действенность.

Измельчение компонентов изделия

Хлорат калия (бертолетова соль) измельчению через мельницы не подлежит. Если в процессе хранения хлорат калия закомковался или закристаллизовался, его разминают деревянными инструментами и протирают через сито, где хлорат калия измельчается до необходимой величины. Пиротехник, работающий на подготовке хлората калия, должен убедиться, что химикат отвечает всем требованиям технологии изготовления данного изделия. Измельчение нитрата калия, тиомочевины, криолита и идитола производят на воздушной мельнице. Антрацен измельчают на вальцах до обезжиривания. Работая на механических приспособлениях, необходимо соблюдать правила техники безопасности в соответствии с инструкциями по правилам безопасности при работе на соответствующем оборудовании. Только точное соблюдение правил безопасности обеспечивает нормальную работу оборудования и здоровье пиротехника.

Все химикаты для изготовления имитатора взрыва просеиваются через сито № 43. Сито для просеивания хлората калия должно быть отдельным и иметь маркировку (надпись): «Только для $KClO_3$!».

Обезжиривание антрацена технического

Для изготовления имитаторов взрыва антрацен обезжирают обязательно. Технический антрацен, приходящий на наши склады, содержит в массе своей много различных масел, в том числе и

эфирных. В таком виде антрацен не всегда пригоден даже для изготовления шашек черного дыма, где требования намного ниже. Поэтому антрацен предварительно размалывают на вальцах, просеивают через сито № 19 и уже потом обезжирают. Для этого антрацен засыпают в металлическую емкость и заливают ацетоном или бензином. На 10 кг антрацина необходимо 15 литров ацетона или бензина. Смесь антрацина с ацетоном надо постоянно помешивать. Операция по обезжириванию длится более двух часов. При этом процессе масла в антрацене растворяются и всплывают наверх. По мере накопления масел на поверхности растворителя их сливают или снимают. Можно растворитель наливать в два приема. После первого помешивания — слить растворитель вместе с маслами. Вторую порцию растворителя заливают в антрацен и тщательно перемешивают смесь в емкости. После окончания процесса (через 2–3 часа) ацетон или бензин отфильтровывают через капроновую сетку. Для этой цели из капроновой сетки шьют мешки емкостью от 5 до 7 кг массы. Смесь ацетона и антрацина перекладывают в эти мешки, подвешивают, чтобы растворитель вместе с маслами стекал. Через 2–3 часа, когда жидкость стечет или улетучится, влажную массу антрацина выкладывают на лотки для просушивания. Лотки должны быть предназначены только для антрацина. Все работы по обезжириванию антрацина производят на открытом воздухе (под навесом), с обеспечением мер противопожарной безопасности.

Приготовление компонентов

Сухой антрацен пресеивают через сито № 25. К нему добавляют, согласно рецепту, тиомочевину,

Имитатор взрыва

просеянную через сито № 43, и смешивают в механическом смесителе из расчета одного смешивания 10–12 кг. Для этого берут 9 кг антрацина просеянного и 2,8 кг тиомочевины. В пятидесятилитровом механическом смесителе эти компоненты смешивают не менее десяти минут. Взвешивание производят на торговых весах.

Приготовление разрывного состава

Приготовление этого состава должно поручаться наиболее квалифицированным пиротехникам. Компоненты состава взвешивают на лабораторных весах с точностью 0,5 г из расчета единовременного приготовления не более 500 граммов состава. Нитрат калия, магний и криолит смешивают в течение 10 минут вручную, на столе, покрытом клеенкой. Затем в эту тройную смесь вводят идитол и снова перемешивают в течение 10 минут. И только после этого в смесь вводят спирт, тщательно перемешивают, чтобы весь состав был равномерно влажным (сжимался в руке в комок). После этого можно снаряжать разрывные заряды. Приготовление этого состава происходит в изолированном помещении с полным соблюдением мер противопожарной безопасности. При работе с этим составом надо избегать действий, связанных с механическими нагрузками, так как состав очень чувствителен к удару и трению. Готовый состав и его полуфабрикаты через сито не пропускать. Просыпанный случайно состав надо удалить незамедлительно.

Снаряжение разрывного заряда

Проводники электровоспламениеля расправляют и протаскивают через отверстие в крышечке пластиковой баночки. Это отверстие смазывают

клеем ПВА (гидроизолируют). Мерным стаканчиком отмерить 50 (пятьдесят) граммов состава разрывного заряда и всыпать его в баночку. Щеткой или кисточкой очистить винтовую резьбу на горлышке баночки (пузырька) от остатков состава. Взять крышку с заготовленным электровоспламенителем и завинтить до упора на всю резьбу. Разрывной заряд готов. Готовые разрывные заряды передают в кабину помещения, где снаряжаются имитаторы взрыва. Одновременно в кабине, где снаряжаются разрывные заряды, могут быть 500 грамм состава разрывного заряда или 20 штук готовых зарядов — не более. Случайно просыпанный состав убирается немедленно.

Снаряжение имитаторов взрыва

1. Край полиэтиленового рукава (оболочки) собирают в пучок и плотно обвязывают крепкой ниткой.
2. Внутрь этого мешка засыпают 236 граммов (обычно — мерными стаканами) двойной смеси: «обезжиренный антрацен + тиомочевина».
3. Крепкой ниткой завязывают рукав (оболочку) «на бантик» с тем, чтобы его можно было развязать без труда перед употреблением. В таком виде полуфабрикат-имитатор передают в соседнюю кабину для окончательного снаряжения.
4. В свободную часть полиэтиленового рукава засыпают 164 грамма хлората калия (бертолетовой соли). В эту же часть помещают и разрывной заряд так, чтобы баночка с разрывным зарядом находилась внутри массы хлората калия. Лишний воздух из мешка справляют и прочно обвязывают крепкой сургучной ниткой вторую горловину полиэтиленового рукава вместе с

Имитатор взрыва

проводниками электровоспламенителя. Имитатор взрыва готов.

По мере накопления готовых изделий их упаковывают в ящики. В один ящик упаковывают по 40 штук готовых изделий. Ящики забивают гвоздями, пломбируют. На одной из сторон ящика наклеивается этикетка с обозначением изделия и даты его изготовления, а также фамилией пиротехника изготавлившего изделия или старшего пиротехника.

Общие требования безопасности при изготовлении имитаторов взрыва: измельчение и просеивание компонентов состава происходит в резиновых перчатках и респираторе, при работе с антраценом необходимо надевать еще и очки.

Инструкция по применению имитатора

Развязать нитку посередине имитатора, разрывной заряд зажать в одной руке. Второй рукой взять за край оболочки и хорошо перемешать два состава (компоненты) до однообразного цвета, до уверенности, что состав хорошо смешан. Смешанный состав собрать в тот край рукава, где находится разрывной заряд с расчетом, чтобы заряд оказался в центре скомпонованного имитатора взрыва. Имитатор взрыва равно хорошо «работает» и открытым способом, и с легкой засыпкой. Смешанные, приготовленные к работе имитаторы должны быть израсходованы в тот же день и хранению не подлежат. Смешивание компонентов состава-имитатора происходит непосредственно перед съемкой.

Требования безопасности при применении имитаторов взрыва

Минимальное расстояние от человека до «работающего» имитатора взрыва — не менее одного

ПИРОТЕХНИК

метра при условии, что имитатор взрыва будет «работать» направленно. Направленность ему обеспечит или воронка в грунте, или любая мортира, обеспечивающая направление продуктов «взрыва» не на актера, а лишь создающая эффект взрыва рядом с человеком. Если эффект нужен на асфальте — расстояние нужно увеличить втрое. Для таких эффектов используют свежесделанные имитаторы. Отсутствие близантности у имитатора не исключает и не уменьшает его метательных сил и большой температуры. Запрещается применение имитаторов взрыва в замкнутом пространстве малого объема. Запрещается усиливать укупорку, которая уже есть от производителя. Расстояние от животных не должно быть менее трех метров. Животных до этого надо обстрелять — метрах в 7–10, за час — полтора до съемок произвести 2–3 взрыва. Посмотреть, как они себя ведут, и особенно беспокойных отвести подальше.

Технология изготовления имитаторов взрыва зенитного снаряда с белым дымом

Технология изготовления имитаторов взрыва зенитных снарядов с яркой вспышкой и выделением белого дыма довольно проста. Изделия эти часто применяются при съемках батальных сцен, при комбинированных съемках, а также обеспечивая эффекты молний или грозы, для освещения довольно большой площади, потому что освещение площади и предметов, находящихся на ней, происходит сверху.

Основные характеристики изделия

Общий вес изделия — 210 грамм.

Вес разрывной бомбы — 70 граммов.

Имитатор взрыва

Высота подъема бомбы — 25–35 метров (зависит от вышибного заряда, и при желании высоту можно увеличить путем увеличения веса вышибного заряда).

Гарантийный срок хранения — 1 год.

Устройство изделия

Имитатор представляет собой сборку из мортиры, имитационной разрывной бомбы и вышибного порохового заряда, снабженного электровоспламенителем, а также диафрагм, опорного кольца и картонных кружков — уплотнителей. Мортира состоит из плотного бумажного или картонного цилиндра с плотным и прочным дном. На дно мортиры опущено опорное кольцо, ширина его 15 мм, пороховой заряд весом от 15 граммов и выше, на который укладывается диафрагма с центральным отверстием, диаметр которого 10 мм. Бомба представляет собой полиэтиленовую баночку (или шар), наполненную пиротехническим составом. После полной сборки в корпусе гильзы (мортира) над бомбой впрессовывается картонный кружок толщиной 1 мм для уплотнения заряда.

Таблица изготовления мортир

Наименование	Мортира	Технология изготовления
Внутренний диаметр	45 мм	Изготавливается на станке с одновременным про克莱иванием казеиновым kleem и уплотнением kleem и уплотнением размеру
Высота мортиры	19 см	
Число слоев бумаги	20	
Высота отбортовки	10-15 мм	На станке
Картонные кружки, их диаметр	3 шт. 45 мм	Вырубаются на прессе с приспособлением
Ширина опорного кольца	15мм	Изготавливается из картона вручную
Диафрагма с центральным отверстием, их толщина	10 мм 2 мм	Вырубаются на прессе со специальным приспособлением

Изготовление вышибного заряда

Дымный порох в количестве 15 или более граммов насыпают в ситцевый мешочек. В порох вводят электровоспламенитель. Горловину мешочка вместе с проводниками крепко перевязывают прочной ниткой и по изготовлении 10 штук зарядов относят их в другое помещение, где происходит сборка имитаторов зенитных разрывов. Пороха на рабочем месте не должно быть более 300 граммов.

Изготовление состава для разрывной бомбы

На лабораторных весах взвешивается 150 граммов мелко помолотого нитрата бария (бария азотнокислого) и 150 граммов порошка магния № 4. Компоненты тщательно перемешиваются между собой вручную, на столе на kleenke, в кожаных перчатках. Готовую смесь передают для снаряжения. На столе и в рабочем помещении не должно находиться более 300 граммов состава или 10 штук готовых бомб.

Снаряжение бомбы

Внутреннюю часть крышки полиэтиленовой баночки промазать kleem PVA и впрессовать туда картонный кружок. После просушки в течение 24 часов при температуре 25–30°C, просверлить отверстие сверлом диаметром 7 мм в центре крышки, в это отверстие вставить замедлитель, промазанный kleem PVA. Через воронку в баночку насыпать готовый пиротехнический состав. Тампоном, увлажненным спиртом, убрать состав, если он есть, с резьбы баночки. Плотно завернуть крышку с замедлителем на полиэтиленовую баночку. Бомба готова.

Имитатор взрыва

Сборка имитатора зенитного разрыва с белым дымом

На дно подготовленной мортиры опускают пороховой заряд, на этот заряд укладывают диафрагму до упора в опорное кольцо, при этом надо следить, чтобы не повредить проводники электровоспламенителя. На диафрагму опускают разрывную бомбу замедлителем вниз, затем уплотнительный кружок до упора в бомбу. Сверху стык уплотнительного кружка со стенкой мортиры промазать kleem PVA. Концевики электровоспламенителя замкнуть и собрать в пучок в верхней сводной части мортиры. На каждую мортиру наклеить этикетку с обозначением изделия, датой изготовления и фамилией пиротехника, ответственного за изделие.

В помещении для сборки изделий не должно находиться более 20 готовых бомб. Готовые изделия упаковывают в ящики. По мере заполнения ящиков их выносят наружу, а в конце смены все изделия сдаются на склад, на что выписывается соответствующий документ.

Технология изготовления 105 мм зенитного снаряда с черным дымом

Разработанная в нашем цехе технология позволяет получать изделия, обладающие мощным имитационным эффектом за счет крупного калибра изделия — 105 мм, а также за счет применения технического антрацена, гранулированного с помощью смолы ФР-12 (фенольно-резерциновой), что значительно ускоряет процесс реакции состава. Применение толстостенной разъемной оболочки имитатора с воспламенительным элементом, расположенным по продольной оси изделия, обеспечивает максимальный воспламенительный импульс.

Основные характеристики

Общий вес изделия — 250 граммов.

Вес разрывной бомбы — 90 граммов.

Высота подъема бомбы — 35–50 метров.

Гарантийный срок хранения — 1 год.

Устройство зенитного 105 мм разрыва черного дыма

Это изделие представляет собой сборку из мортиры и разрывной бомбы. Мортира сделана из прочной толстостенной гильзы с прочным дном, которое должно выдерживать большое давление выстрела. На дно мортиры помещается пороховой вышибной заряд, на пороховой заряд устанавливается бомба, с расчетом, чтобы замедлитель бомбы находился на вышибном пороховом заряде, так как он, вышибной заряд, является и поджигательным для замедлителя.

Бомба — цилиндрический бумажный корпус, состоящий из двух частей. Соединение частей корпуса осуществляется при помощи стыковочного кольца.

Зенитный снаряд с черным дымом

Снаружи стык обеих частей бомбы проклеивается одним слоем прочной патронной бумаги.

Воспламенительный элемент представляет собой бумажную трубку с отверстиями в стенках, начиненную отрезками стопиновой нити. Воспламенительный элемент устанавливают в бомбе по центру так, чтобы замедлитель, находящийся в торцевой стенке нижней части корпуса бомбы, оказался внутри воспламенительного элемента. Затем воспламенительный элемент заполняется отрезками стопиновой нити с расчетом, чтобы в него вошло в общей сложности не менее 0,5 метра стопиновой нити. Приведение в действие этого изделия осуществляется электротоком, посредством электровоспламенителя. Замедлители изделий загораются от вышибного заряда. Их время рассчитано до полета бомбы в зенит своего полета. Там импульс огня замедлителя поджигает отрезки стопиновой нити, находящиеся в воспламенительном элементе. Огонь и газы, образовавшиеся в воспламенительном элементе, поджигают пиротехнический состав, находящийся вокруг него в бомбе. Давление газов в бомбе разрушает ее корпус, две полуgilзы корпуса распадаются, а между ними загорается весь состав и сгорает, оставляя облако черного дыма, похожее на разрыв большого зенитного снаряда. При необходимости (на съемках бывают всякие обстоятельства) разрывную бомбу можно вынуть из мортиры, снабдить ее электровоспламенителем и взрывать на земле, заменяя небольшой имитатор взрыва. При этом надо иметь ввиду, что могут полететь половинки корпуса взрывной бомбы, но эффект разорвавшейся гранаты или мины небольшого веса вполне

можно имитировать. Однако с нагрузкой, с засыпкой, такой имитатор работает слабо. Его безопасные действия увеличиваются, если такой заряд опустить в заранее открытую воронку или спрятать, задекорировать под какой-либо предмет или же часть декорации.

Изготовление бумажных и картонных заготовок для 105 мм зенитного взрыва

Название работ и операций	Мортира	Бомба	Воспл. элемент	Технология изготовления и сборки
Внутренний диаметр	105 мм	98 мм	35 мм	Навивка бумаги на станке с проклеиванием квазиновым kleem и уплотнением
Общая высота	315 мм	2 элемента по 55 мм	95 мм	Образка по размеру на станке
Высота отбортовки края корпуса	15 мм	15 мм	-	На станке
Число оборотов бумаги	19	8	8	-
Картонные кружки				
Диаметр	105 мм	100 мм	35 мм	Вырубка кружков на прессе со специальным приспособлением
Толщина	2 мм	2 мм	2 мм	
Количество	2 шт.	1 шт.	4 шт.	Ручным способом или ножницы, сверло
Количество отверстий на боковых сторонах	1	-	3x8	
	3 мм	-	5x6	
Количество отверстий д/замедл.пл.	-	2 отв.	-	Высверлить на станке. Сверло Ø = 6,3 мм
Картон для стыковочного кольца				
Длина	-	300 мм	-	Ручным способом: врубка, молоток, ножницы
Ширина	-	50 мм	-	
Толщина	-	0,5 мм	-	

Изготовление воспламенительного элемента

В трубке, отрезанной по размеру для воспламенительного элемента, вырубают пять рядов по шесть отверстий или три ряда по восемь отверстий в каждом ряду. В верхний торец этой трубки вставляют

Зенитный снаряд с черным дымом

картонный кружок на kleю. Снаружи эту продырявленную трубку оклеивают одним слоем газетной бумаги. Kleem смазывается трубка, но не бумага. Бумага не должна смазываться kleem, так как она станет огнестойкой. Оклейенные бумагой заготовки просушивают в течение 24 часов при температуре 30°C. Внутрь просушенных трубок помещают отрезки стопиновой нити, общая длина которых должна быть не менее 0,5 метра или 50 см. В таком виде воспламенительные элементы передают на снаряжение имитационных бомб. Подготовку стопиновых отрезков и снаряжение воспламенительных элементов производят в отдельном помещении, при этом должны соблюдаться все меры пожарной безопасности.

Изготовление корпуса бомбы

a) нижняя часть полукорпуса бомбы

В отрезанную по размеру половину корпуса бомбы устанавливают на kleю два картонных кружка. Дополнительно промазывают kleem PVAстыковочные места. Изнутри корпуса проклеиваютстыковочное кольцо, чтобы оно выступало выше корпуса на 25 мм. Просушивают 24 часа. В просушенных заготовках просверлить в дне два отверстия, от центра дна расстояние до каждого из них — 10 мм, использовать сверло диаметром 6,3 мм.

Огнепроводный шнур режется отрезками по 40 мм. Эти отрезки шнура установить в отверстиях донной части корпуса на kleй PVA так, чтобы 10 мм шнура выступало наружу корпуса. Дополнительно смазать их соединения kleem PVA. Просушить в течение 36 часов при температуре 30–35°C. Установить воспламенительный элемент открытым торцом

на дно полукорпуса так, чтобы концы огнепроводного шнура-замедлителя были внутри воспламенительного элемента. Приклейте воспламенительный элемент к днищу полукорпуса kleem PVA. Просушить эти заготовки 24 часа при температуре 25–30°C. Подготовку и монтаж этой части полукорпуса бомбы производят, соблюдая правила противопожарной безопасности и другие предосторожности. Не занятых на этой работе сотрудников в помещении быть не должно.

б) верхняя часть полукорпуса бомбы

Приклейте два кружка внутри одного из торцов полукорпуса kleem PVA. Просушить в течение 24 часов при температуре 25–30°C.

Изготовление мортиры

Один из торцов корпуса, отрезанный по размеру гильзы, отбортовывают внутрь корпуса, чтобы высота отбортовки равнялась 15 мм. На эту отбортовку изнутри на клей осаживают два картонных кружка, приклеивая их и к корпусу мортиры, и к друг к другу. Просушить 24 часа при температуре 25–30°C. Внизу в корпусе мортиры просверливают отверстие сверлом 3 мм. Это отверстие расположено на 5 мм выше дна мортиры изнутри.

Изготовление вышибного заряда

Дымный порох, 15 граммов, помещают в ситцевый мешочек. В порох вводят электровоспламенитель и горловину мешочка вместе с проводниками перевязывают прочной ниткой. Готовые заряды опускают на дно мортиры, концевики электровоспламенителя выводят наружу через 3 мм отверстие в стенке мортиры. В процессе работы в помещении не должно быть пороха более 300 граммов.

Зенитный снаряд с черным дымом

Вся работа по снаряжению зарядов воспламенительных элементов должна проходить в изолированном помещении по правилам техники безопасности со взрывчатыми материалами. Мортиры, с вмонтированными в них зарядами, передаются для дальнейшего снаряжения.

Рецепты, компоненты и их изготовление

Компоненты, химикаты	Содержание компонентов в %		Влажность ФРП не более
	Основной состав	для гранулирования	
Хлорат калия	46	-	- 2 %
Антрацен гранулир.	40	-	-
Тиомочевина	14	-	- 2 %
Антрацен технический ФРП (фенольнорезенциново- параформовая смесь)	-	3,3	- 2-3%
Смола ФР-12 -	-	16,7	-
Параформ (порошок)	-	-	93 7

Просушивание компонентов

На производство изделий должны поступать только просушенные материалы и химикаты. Материалы, не отвечающие требованиям технологий, должны быть просушены на чистых лотках слоем 2–3 см при температуре 25–30°C.

Просушивание хлората калия должно проходить отдельно от всех других химикатов и компонентов.

Измельчение химикатов

Антрацен размалывают на вальцах, просеивают через сито № 19, обезжикивают и просушивают, а затем просеивают через сито № 25.

Тиомочевина размалывается на воздушной мельнице.

Хлорат калия и параформ поступают на производство без размола. Они только протираются через сито № 43. Все работы по измельчению производят, соблюдая меры безопасности.

Просеивание химикатов производится вручную. Все химикаты этого изделия, кроме гранулированного антрацена, просеиваются через сито № 43. Сито для хлората калия должно быть помечено: «Только для хлората калия».

Приготовление смеси ФРП (смола ФР-12 + параформ): на лабораторных весах взвешивают смолу ФР-12 из расчета приготовления 5 кг гранулированного антрацена. На лабораторных весах взвешивают и параформ. Параформ засыпают в смолу, а не наоборот, и тщательно перемешивают. Приготовленную смесь ФРП передают для гранулирования антрацена.

Гранулирование антрацена: требуемое по рецепту количество антрацена взвесить на торговых весах. В антрацен вводят смесь ФРП и очень хорошо перемешивают до получения однородной массы. Эту массу антрацена и ФРП последовательно протирают через 3 сита: № 15, № 9 и № 63. Полученные гранулы, прошедшие через сито № 63, без перемешивания, осторожно отправляют на просушку. Под сито № 63 надо подложить фанеру или твердый картон, и на этом материале антрацен гранулированный отправляют на просушку в сушильную комнату и просушивают в течение 24 часов при температуре 30°C.

Приготовление смеси: гранулированный антрацен + тиомочевина.

На торговых весах взвесить 4 кг гранулированного антрацена. Высыпать его на стол на клеенку.

Взвесить на тех же весах 1,4 кг тиомочевины и ввести ее в антрацен.

Зенитный снаряд с черным дымом

Эти компоненты тщательно смешать руками в течение не менее 15 минут, доводя их до однородной по цвету и весу массе. Хорошо перемешанную смесь передать для снаряжения имитационных бомб.

Снаряжение имитационных бомб

В картонную коробку с крышкой, емкостью не менее 1 л, насыпают 160 граммов хлората калия и 190 граммов смеси — гранулированный антрацен + тиомочевина. Встряхиванием и опрокидыванием смешивают эти компоненты в картонной коробке в течении 2–3 минут. После перемешивания готовый состав засыпают в нижний полукорпус имитационной бомбы и распределяют его вокруг воспламенительного элемента.

Верхнюю часть корпуса надеть на нижнюю, на стыковочное кольцо. Обе части бомбы оклеить одним оборотом патронной бумаги марки «А» таким способом, чтобы край бумаги был на 20 мм ниже нижнего торца бомбы. Эти 20 мм бумаги загибают вниз и приклеивают на нижний торец бомбы, усиливая нижнюю, донную часть изделия. Просушить бомбу в течении 36 часов при температуре 30°C.

Сборка имитатора зенитного разрыва.

Пороховой заряд поместить в центре дна мортиры. Концевики электровоспламенителя протянуть изнутри через отверстие наружу. Острым ножом срезать выступающие части огнепроводного шнура наравне с внешней стороной дна бомбы. Бомбу опустить в мортиру, замедлители должны попасть на пороховой заряд. Концевики электровоспламенителя собирают в пучок, подклеивают их к стенке мортиры и укладывают в верхнюю

ПИРОТЕХНИК

свободную часть мортиры. Верх мортиры закрывают тонким картонным кружком. На боковой поверхности мортиры приклеивают этикетку, несущую необходимую информацию об изделии.

В кабине, где происходит сборка изделий, не должно находиться более 20 имитационных бомб одновременно.

Готовые изделия упаковывают в ящики по 12 штук. На стенку ящика также наклеивается соответствующая этикетка, несущая все данные об изделии. Свободное место в ящиках заполняют макулатурой. Изделия в ящике не должны перемещаться во время перевозок и погрузок.

Требования безопасности при изготовлении этих изделий: все работы с химикатами должны проводиться в резиновых перчатках, респираторах и защитных очках. При работе с антраценом следует избегать его контакта с незащищенными участками кожи человека, так как это может вызвать раздражение кожи, а иногда и аллергию. Надо помнить, что технический антрацен весьма ядовит.

Технология изготовления гранул «бриллиантового огня», применяемых в различных пиротехнических изделиях и эффектах

Гранулы бриллиантового огня или «крупка», как у нас называют это промежуточное изделие, применяются в различных пиротехнических изделиях: в искристых фейерверочных «фонтанах», при оформлении эффекта короткого электрозамыкания, в различных вспышках и во многих других случаях.

Рецепт

Хлорат калия — 2,5 количественные части (к/ч).

Пудра алюминиевая — 2,5 к/ч.

Крахмальный клей — 4,23 к/ч.

Всякий пиротехник знает, что иногда мало знать рецепт изделия, надо еще знать технологию изделия и порядок ввода и смешивания химикатов. Данное изделие — пример того, что при простом рецепте обязательна технологическая дисциплина, порядок смешивания компонентов. А он таков:

1. Приготовить прочный полиэтиленовый мешок, можно из другого хорошо моющегося материала, не пропускающего воздух и воду.

2. Взвесить и поместить в него 2,5 кг алюминиевой пудры.

3. Приготовить крахмальный клейстер:

- a) взвесить 230 грамм крахмала, просеянного через сито № 63, и растворить его в 0,5 литра воды с температурой 35–45°С;

- b) кипящей воды должно быть 3,5 литра. В кипящую воду ввести, при постоянном помешивании,

растворенный крахмал. Следить, чтоб в этом клейстере не образовывались комки, сгустки. В общей массе получится клейстера 4,23 килограмма;

г) готовый клейстер охладить до температуры 30–35°С.

4. Ввести крахмальный клейстер в мешок, где находится алюминиевая пудра. Стравить из мешка лишний воздух и интенсивно, но тщательно перемешивать содержимое мешка не менее 30 минут.

5. Взвесить 2,5 кг хлората калия и ввести его в смесь крахмального клейстера и алюминиевой пудры, в тот же мешок, и смешивать интенсивно и тщательно в течение 35–40 минут. Все смешивания проводят вручную, в мешке, голыми руками. Мешок изготавливают с горловиной для помещения через нее компонентов и с двумя нарукавниками, куда просовывают руки, а горловину завязывают крепкой ниткой, избегая разлета алюминиевой пудры. Нарукавники также перевязываются на руках или прижимаются бытовой резинкой. После хорошего смешивания получится тестообразный состав, паста.

6. Приготовить сито с размером ячеек 1,25 мм (№ 1,25). Под сито подложить твердый картон или фанеру, нарезанную по формату. Сито положить металлом вверх, на него выкладывают порциями пастообразную смесь и руками, ровным слоем, пропадливают ее через сито на лист картона по всей площади сита. Когда на картоне наберется слой гранул в 2–3 см, листы картона или фанеры отправляют в сушильную комнату, не трогая сырье гранулы до полного их просыхания.

Бриллиантовый огонь

Просушивание гранул длится не менее 48 часов. При просушивании могут образоваться небольшие комки из слипшихся и присохших друг к другу гранул или очень удлиненные гранулы (червячки). Такие образования можно измельчать только руками, в пальцах, не прибегая к инструментам и механическим усилиям. Готовые, просушенные гранулы бриллиантового огня (крупку) можно применять во вспышках весом от 1 до 20 граммов. «Работа» этих гранул надежна. Гранулы хранятся в картонных или бумажных коробках или гильзах в отапливающем помещении и сохраняют свои свойства в течение 3–5 лет. Оформление замыкания при помощи «крупки» можно варьировать внутренним диаметром бумажной трубки («макарон»). Чем больше диаметр «макарон», тем сильнее будет эффект. «Крупку» пиротехники иногда используют и при оформлении эффекта «Молния». Другое применение гранул «бриллиантового огня» — «крупки», в основном, в фейерверочных изделиях.

Требования безопасности

1. Взвешивание алюминиевой пудры в респираторе или марлевой повязке из 8–10 слоев марли.

2. Хлорат калия (бертолетову соль) вводить только в смесь алюминиевая пудра + крахмальный клейстер. Нельзя смешивать хлорат калия с крахмальным клейстером или с алюминиевой пудрой. Соблюдать строго порядок смешивания компонентов изделия и время смешивания, его тщательность.

3. Гранулировать пастообразный состав можно только влажный. Сухой или даже подсохший состав протирать нельзя. Это грозит самовозгоранием.

4. Не допускать трения и ударов с высушенными гранулами — может быть самовозгорание, а при большом количества продукта — вспышка типа взрыва.

5. Весь инструмент, которым пользовались пиротехники при изготовлении «гранул бриллиантового огня», а также помещение и одежда пиротехника, работавшего по изготовлению этого изделия, должны быть хорошо вымыты и выстираны, без следов пудры алюминия.

6. При применении «крупки» во вспышках весом более 5 граммов, безопасное расстояние от людей и легковоспламеняющихся предметов должно быть не менее 5 метров, а при других обстоятельствах еще больше, на усмотрение пиротехника, осуществляющего эффект.

Изготовление искристых вспышек с большим количеством искр

Этот вид пиротехнических вспышек применяется довольно редко, при съемках отдельных моментов на пожаре. Обычно эти вспышки эффектны и выигрышны в тот момент, когда падает кровля, стена или другая часть или конструкция здания или декорации. Воспламеняются такие вспышки при помощи электровоспламенителя, поэтому управлять их работой удобно, так как пиротехник видит, когда падает на землю часть конструкции декорации. В этот момент и надо усилить полет искр в воздух.

Рецепт изделия

Порох дымный — 60%.

Магний, порошок № 3 — 30%.

Опилки древесные — 10%.

Опилки древесные должны быть сухие, пропущенные через сито № 1,25. Приготовление смеси происходит на столе вручную. Одновременно можно смешивать не более 500 граммов состава. Смешивается такой состав не менее 10 минут. Вес вспышки можно варьировать от 20 до 200 граммов, по определению пиротехника и по тому, как крупно снимается пожар. Смесь дымного пороха с порошком магния является химически нестойкой из-за быстрой коррозии магния. Поэтому это изделие не подлежит хранению более 2–3 суток в отапливаемом помещении. По истечении этого срока готовые вспышки должны быть уничтожены. Как правило, их изготовление осуществляют непосредственно перед съемкой, перед использованием. Зная о том,

что эти вспышки могут быть нужны в командировках, их можно изготовить с раздельным хранением.

Требования безопасности

Безопасное расстояние для людей — 5 метров.

Смешанные и подготовленные к работе вспышки транспортировке не подлежат.

При работе на пожарах следить за тем, чтобы не установить вспышку на горящие элементы декорации или на предметы с высокой температурой: металл, камни, кирпичи, железобетонные конструкции и прочие теплоемкие предметы и материалы.

Изготовление искусственных облаков

Облака, как и многое другое, помогают при визуальном воздействии на зрителя. В пустынных местностях летом по многу дней облака не появляются, а так как солнечных дней в тех местах больше, то кинорежиссеры снимают фильмы там, где больше света. Иногда из-за отсутствия облаков случались простой киногрупп. Коллективу пиротехников было предложено разработать технологию и осуществить изготовление искусственных, пиротехнических облаков. Мы разработали технологию, которая предусматривает два варианта создания искусственных облаков — наземного и воздушного, высотного разрывов. В случае наземного создания облаков пиротехнический состав, в количестве от нескольких десятков граммов до нескольких килограммов, помещенный на земле, приводится в действие дистанционно, на безопасном расстоянии, на инертных материалах. При сгорании состава образуется плотное дымовое облако белого цвета. Из-за резкой разницы температур между окружающим воздухом и горячими газами состава возникают мощные восходящие потоки воздуха. За счет этого облако дыма поднимается на 80–100 м над землей.

В случае создания воздушного, высотного облаков заряд дымового состава выстреливается из мортиры на высоту до 200 метров. Благодаря замедлителям заряд на высоте взрывается и образует облако. Несколько выстрелов преображают пейзаж и небо и можно производить съемку фильма. Дымные облака, полученные по нашей технологии, по внешнему виду не отличаются от естественных.

Оба эти способа получения искусственных облаков использовались при киносъемках пожаров и при съемках батальных сцен во многих кинокартинах.

Основные характеристики наземных зарядов

Общий вес одного заряда около 1 кг (в зависимости от требований безопасности).

Срок хранения — 24 месяца.

Устраивается такой заряд по уже знакомой нам системе раздельного заряжания: окислитель + горючее в двух половинах одного мешка. В одной части мешка находится окислитель — нитрат калия, в другой — горючее: сплав магния и алюминия в порошке № 4. Смешивание компонентов происходит непосредственно перед работой, перед съемкой на съемочной площадке, ведь смешанный состав транспортировке не подлежит. Вес заряда в килограммах (1 кг) определен по соображениям безопасности. Если надо иметь большой выброс дыма — укладывают необходимое количество таких зарядов и воспламеняют один из них. Остальные заряды загораются от первого, увеличивая температуру и обеспечивая подъем облака на большую высоту. Полиэтиленовый рукав шириной 17 см и длиной 50 см заготавливают заранее.

Рецепт состава

Нитрат калия (калий азотнокислый) — 30%.
ПАМ-4 (порошок сплава Mg + Al № 4) — 70%.

Влажность нитрата калия не должна превышать 3%. Если нитрат калия более влажный, его просушивают в течение 24 часов при температуре 35–40°С.

Измельчение нитрата калия производится на воздушной мельнице; порошок сплава магния и

Искусственные облака

алюминия измельчению не подлежит. Просеивание нитрата калия — через сито № 43.

Снаряжение заряда

Край полиэтиленового мешка собирают в пучок и крепко завязывают прочной ниткой или шпагатом. Потом засыпают в него 700 граммов порошка ПАМ-4 и перевязывают ниткой середину мешка в расчете легко и быстро развязать его на съемке. Второй компонент — нитрат калия — засыпают в другом помещении в этот же мешок — в другую половину мешка в размере 300 граммов иочно завязывают верхний, второй край полиэтиленового рукава, предварительно стравив из него лишний воздух. Когда заряды будут готовы, их упаковывают в помещении, где они и снаряжались. Пакуются эти заряды по 40 штук в стандартный конфетный ящик. Упаковка должна быть плотной. Свободное место уплотняют макулатурой.

Воспламенительный элемент состоит из электровоспламенителя и вмонтированного в его дульце отрезка стопиновой нити. Эти элементы можно подготовить заранее, но лучше непосредственно перед работой, на месте киносъемок.

Требования безопасности

Измельчение и просеивание нитрата калия происходит в резиновых перчатках и респираторах.

После окончания работ помещение и инструмент, столы и другое оборудование промываются водой, чтобы уничтожить остатки нитрата калия.

Технология изготовления искусственных облаков высотного действия

Технология изготовления этого вида искусственных облаков резко отличается от предыдущей. В данном случае дымовой заряд надо забросить (выстрелить) на большую высоту и там произвести взрыв или сжигание компонентов, образующих дымовое облако.

Основные характеристики изделия

Общий вес изделия — 2,5 кг.

Вес дымового заряда — 1 кг.

Высота подъема над землей — до 200 м.

Гарантийный срок хранения — 12 месяцев.

Устройство изделия

В мортиру, которой может быть специальная бумажная толстостенная гильза, артиллерийская гильза или обрезок стальной трубы с приваренным к одному из торцов днищем, помещен пороховой заряд, который выстреливает разрывную бомбу и одновременно поджигает ее замедлитель. На пороховой заряд установлена диафрагма, на которую помещается бомба с дымовым зарядом, сверху в мортиру помещен картонный кружок (от выпадения бомбы).

Изготовление мортир и корпусов бомб

Наименования	Мортира	Корпус бомбы	Технология изготовления
Внутренний диаметр	110 мм	105 мм	На станке с одновременной проклейкой казеиновым kleem
Высота	200 мм	110 мм	Обрезка по размеру на станке
Высота	15 мм	15 мм	На станке
Картонные кружки:			
диаметр	110 мм	105 мм	
толщина	2 мм	2 мм	
количество	3 шт.	2 + 2 шт.	Вырубаются на прессе или сверлом

Искусственные облака высотного действия

Наименования	Мортира	Корпус бомбы	Технология изготовления
отверстия для замедл.	-	2x6,3 мм	
Опорное кольцо (полоса картона)	235x20 мм	31x20 мм	Ножницы
Число слоев (оборотов) бумаги	24	16	На станке

Два картонных кружка (110 и 105 мм) склеивают вместе так, чтобы 105 мм кружок находился в центре кружка размером в 110 мм, и отправляют на просушку на 24 часа при температуре 35–40°C. Половина этих кружков будет дном корпуса бомбы, вторая половина — крышкой (на 40 бомб надо 80 двойных кружков). В тех кружках, что будут дном корпуса бомбы, вы сверливают по 2 отверстия сверлом, диаметр которого 6,3 мм. Каждое отверстие находится от центра кружка на расстоянии 25 мм. Нарезают огнепроводный шнур отрезками по 40 мм и вставляют их в отверстия кружков на kleю ПВА, 10 мм этих отрезков огнепроводного шнура остается снаружи кружков. Промазать kleem ПВА местастыка кружков с гильзой корпуса бомбы и просушить (иногда под грузом) 36–48 часов при температуре 35–40°C.

Мортиру изготовить, как указано в таблице. На отбортовку изнутри ее впрессовать на kleю ПВА (4 кружка) и просушить 36–48 часов при температуре 35–40°C.

Вышибной заряд изготавливают из 75 грамм дымного пороха, помещенного в ситцевый мешочек. В этот порох вставляют электровоспламенитель, завязывают крепкой ниткой.

В помещении, где изготавливаются пороховые заряды, пороха может быть не более 300 граммов.

Вся работа по снаряжению пороховых зарядов должна проходить в изолированном помещении в соответствии с действующими правилами безопасности работы с взрывчатыми веществами. Мортиры и пороховые заряды передаются в помещение, где происходит полная сборка изделий.

Рецепт дымового заряда

Нитрат калия — 30%, влажность не более 2%.

ПАМ-4 — 65%.

Идитол — 0,5%.

Спирт гидролизный сверх 100% — 0,5%.

Нитрат калия, не удовлетворяющий требованиям технологии, предварительно просушивают до необходимого состояния.

Измельчение и просеивание химикатов

Нитрат калия измельчают в воздушной мельнице. Идитол измельчают в шаровой мельнице. Нитрат калия просеивают через сито № 43. Химикаты, не удовлетворяющие требованиям по влажности, надо просушить на лотках слоем 2–3 см. Лотки и стеллажи для просушивания должны быть чистыми и сухими.

Смешивание компонентов осуществляется на столе, на kleenке, вручную. Длительность смешивания — не менее 10 минут без спирта. Когда смесь будет однородна и готова, в нее вводят нужное количество спирта и смешивают еще раз так, чтобы состав представлял собой пасту густой консистенции. Одновременное смешивание количества пиротехнического состава не должно превышать 900 г. Получение гранул происходит за счет протирания влажного состава через сито № 25. Сухой состав

Искусственные облака высотного действия

протирать нельзя. Если материал потерял влажность — в него вводится некоторое количество спирта. Состав снова перемешивается со спиртом и только во влажном состоянии пропускается через сито. Для сбора гранул состава под сито подставляют жесткий картон или фанеру и на них через сито падают гранулы смеси. Готовые гранулы передают в помещение для снаряжения. Тара для переноски и работы с этим составом должна быть прочной и не иметь щелей и отверстий. Просыпанный случайно состав в процессе приготовления и гранулирования необходимо удалить немедленно. Перед снаряжением дымового заряда — обрезать выступающую часть огнепроводного шнура-замедлителя заподлицо с днищем корпуса. Вся дальнейшая работа с корпусами дымового заряда должна производиться осторожно и внимательно, чтобы не нарушить порошковую сердцевину огнепроводного шнура-замедлителя.

Снаряжение дымового заряда

900 граммов гранулированного состава засыпают в корпус дымового заряда. Берут склеенные по два кружки без дырок и, промазав kleem PVA эти кружки по периметру, закрепляют в верхней части корпуса (крышка). При этом внимательно следят за тем, чтобы кружок размером 105 мм вошел в корпус, а кружок 110 мм плотно прилегал к корпусу по всей окружности. Если необходимо — наложить груз. Снаряженные дымовые заряды просушиваются в течение 48 часов при температуре 40°C.

Сборка изделия

Концевики электровоспламенителя вставить изнутри мортиры и протянуть через отверстие в стенке мортиры. Пороховой заряд уложить по центру дна мортиры, опустить опорное кольцо (полоска картона) на дно мортиры. Проследить, чтобы концевики электровоспламенителя не запутались при любых операциях при сборке изделия. Опорное кольцо нужно для того, чтобы дымовой заряд не лежал непосредственно на пороховом заряде. Дымовой заряд (бомбу) помещают замедлителями вниз, опускают в мортиру до упора в опорное кольцо. Концевики электровоспламенителя подклейте липкой лентой к корпусу мортиры, а их оставшуюся часть собрать в пучок и поместить в мортиру сверху. Оголенная часть концевиков всегда замкнута, они находятся в скрученном между собой состоянии. Поверх концевиков впрессовать-вставить тонкий (1 мм) картонный кружок. На боковую поверхность мортиры наклеить этикетку. В помещении для сборки изделий не должно находиться более 5 изделий одновременно.

Требования безопасности при изготовлении изделий

Взвешивание, просеивание и гранулирование компонентов и снаряжение изделия должны производиться в резиновых перчатках и респираторах.

Все работы по изготовлению состава и снаряжению изделий должны осуществляться с соблюдением мер противопожарной безопасности. При работе с гранулированным составом избегать механических воздействий на него: удара, трения, падения.

Искусственные облака высотного действия

Упаковываются готовые изделия в ящики по 10 шт. На боковой стенке каждого ящика наклеивается этикетка. Свободное место в ящике уплотняется макулатурой, исключая возможность перемещения изделий по ящику во время транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ.

Инструкция по применению

Вскрыть ящик и извлечь необходимое количество изделий.

Установить мортиры в местах пусков, вкопав их в землю на 1/3 их высоты.

Вынуть концевики, расправить их и соединить в группы. Если нет других предпочтений, то лучше всего воспользоваться подсобным приспособлением «Строчка», так как оно наиболее удобно для пуска изделий.

Присоединить концевики электровоспламенителей к магистральному проводу или «Строчек». Магистральный провод подсоединить к пульту управления взрывами. В нужный момент включить ток.

Требования безопасности по применению

Хранение и транспортировку «облаков» осуществляют по правилам хранения и перевозки взрывчатых веществ и пороха.

Мортиры прикопать в грунт на 1/3 их высоты. Если грунт не позволяет — мортиры устанавливаются в ящиках, предварительно заполненных песком.

В радиусе 50 метров от места пуска не должно быть легковоспламеняющихся материалов, предметов и людей.

Источник тока к пусковому пульту подключают, когда нет людей в зоне работ или в 50 метрах от них.

ПИРОТЕХНИК

По истечении пуска, после стрельбы, источник тока отключить. Проверить мортиры — все ли заряды «сработали».

После окончания всех работ ответственный пиротехник тщательно осматривает местность, особенно места падений корпусов дымового заряда. При обнаружении невзорвавшихся дымовых зарядов их уничтожают на земле при помощи электровоспламенителя и стопинового шнура, соблюдая безопасное расстояние и другие необходимые меры.

Фейерверочные пиротехнические средства

Фейерверочные изделия широко применяются на праздниках, карнавалах, гуляниях в течение нескольких столетий. За это время пиротехники усовершенствовали, изобрели, придумали и воплотили много фейерверочных изделий, рецептов, технологий и конструкций, которые можно найти в соответствующей литературе, которая к тому же служит историческим очерком о развитии пиротехнического фейерверочного искусства.

Изделия, о которых пойдет речь, по своему эффекту наиболее отвечают специфике киносъемок, изготовление их возможно в пиротехнических цехах-мастерских при киностудиях. Однако, несмотря на то, что фейерверочные изделия нашего цеха приспособлены больше для киносъемок, их покупают и заказывают для изготовления все желающие показать у себя фейерверк. Наша задача познакомить пиротехников с технологиями и рецептами немногих пиротехнических изделий, которые наиболее часто приходится изготавливать. Каждый из пиротехников, желающий расширить свои познания в этой части профессии, может почертнуть их из довольно богатого наследия отечественных и зарубежных мастеров. В «Историческом очерке» дается довольно большой список авторов и литературы, которым, с великой благодарностью, воспользовался и я при написании данной книги.

Технология изготовления фейерверочного изделия «Люсткугель»

«Люсткугель» — слово из немецкого языка, довольно сильно «русировано», а смысл его — «огонь в воздухе». Изделие это почти на всех языках имеет одинаковое значение, и пиротехники-фейерверочники понимают его во всех странах.

Изделие состоит из мортиры с вышибным (зажигательным) пороховым зарядом, бомбы, снаряженной звездками любого цветного огня и разрывного (он же зажигательный, внутренний) заряда. В результате работы последнего, разрывного снаряда, в воздухе разрывается бомба, загораются звездки, специально подготовленные для этой цели, и разлетаются в разные стороны, создавая разную форму: шара, ветки растения, листа пальмы (зависит от конструкции бомбы и плотности ее укупорки). Технология наших пиротехнических фейерверочных изделий рассчитана и подогнана под требования условий киносъемок. Подобные изделия, описанные в классической литературе по пиротехнике, могут несколько отличаться с нашей технологией, с нашими изделиями.

Основные характеристики «Люсткугеля»

Общий вес изделия — 1,1 кг.

Вес бомбы со звездками — 0,7 кг.

Высота подъема бомбы — 35–50 м.

Гарантийный срок хранения — 1 год.

Устройство

«Люсткугель» представляет собой сборку из мортиры, вышибного порохового заряда и бомбы, которая сама является сложным и интересным изделием. Мортира — это бумажный (чаще всего)

«Люсткугель»

цилиндр, закрытый с одного торца прочным и толстым днищем. На дно мортиры опущена бомба с вышибным пороховым зарядом. Бомба представляет собой цилиндрический бумажный корпус, состоящий из двух отсеков — частей. В верхней части размещены звездки цветного огня, переложенные отрезками стопинового шнура и опудренные пороховой мякотью, разрывной заряд и замедлители. В нижнем отсеке помещен вышибной заряд с электровоспламенителем. Стык двух отсеков бомбы проклеен двумя слоями (оборотами) патронной бумаги.

Приведение в действие изделия осуществляется с помощью электровоспламенителя, электрического тока. Замедлители воспламеняются от вышибного порохового заряда. Время их горения рассчитано на обеспечение разрыва бомбы в верхней точке траектории ее полета. В этот момент огонь замедлителей поступает внутрь оболочки бомбы, воспламеняет обрезки стопинового шнура, пороховую мякоть и разрывной заряд. Одновременно загораются звездки. Давление газов, образующихся при срабатывании разрывного заряда, разрывает корпус, звездки разлетаются горящими, обеспечивая необходимый эффект.

Изготовление мортир и корпусов бомб

Наименование	Мортира	Бомба		Технология
		Верх. отсек	Ниж. Отсек	
Внутренний диаметр	105 мм	100 мм	100 мм	Навивка бумаги на станке с проклейкой казеиновым клеем
Высота (мм)	300	150	20	Обрезка по размеру на станке
Высота отбортики края корпуса	15 мм	12 мм	12 мм	Отбортovка на станке с kleem PVA
Число слоев	25	16	7	-
Картонные кружки	105 мм x 4 шт.	100 мм x 2 шт.	100 мм x 1 шт.	Вырубка на станке
Марля: длина - ширина -	-	-	50 мм 60 мм	Вырезают ножницами

Правила безопасности при работе на техническом оборудовании обеспечиваются в соответствии с инструкциями по технике безопасности на соответствующем оборудовании.

Установка воспламенителей

Клеем ПВА склейте вместе 2 кружка. В склеенных просущенных кружках просверлить два отверстия диаметром 5 миллиметров на расстоянии 15 мм от центра кружков. Поверхность кружков вокруг отверстий промазать kleem ПВА. В отверстия установить замедлители. Просушить в течение 24 часов при температуре 25–35°C.

Стопиновый шнур подготавливают, нарезав его по 60–70 мм длиной. В общей сложности длина этих обрезков должна получиться около 30 сантиметров в каждой бомбе.

Разрывные заряды готовят так: на подготовленные куски марли насыпают 5 граммов дымного пороха. Концы марли собирают в пучок и завязывают ниткой. Порох в таком заряде должен быть свободным, не тугим, как бы пересыпаться внутри марлевой оболочки. Такой разрывной заряд приклейте kleem ПВА к кружкам, где установлены замедлители — воспламенители. При этом kleя ПВА должно быть немного, чтобы не замочить порох. Просушить в таком виде 24 часа. В процессе изготовления зарядов на рабочем месте не должно быть пороха более 100 г. Вся работа по изготовлению зарядов и просушка должны проходить в изолированном помещении. Правила техники безопасности, как при работе с взрывчатыми веществами.

«Люсткугель»

Подготовка электровоспламенителей

Концевики электровоспламенителей расправляют и обязательно их оголенные части соединяют, замыкают накоротко. Чтобы усилить огневой импульс электровоспламенителя, надо к нему привязать двойной отрезок стопинового шнура. При подготовке электровоспламенителей обязательно соблюдение правил противопожарной техники безопасности.

Сборка донной (нижней) части бомбы

В центре картонного кружка проколоть шилом отверстие. В это отверстие пропустить концевики электровоспламенителя. Воспламенитель на кружке должен лежать горизонтально. Затем этот кружок с электровоспламенителем осадить (впрессовать) в корпус донной части так, чтобы электровоспламенитель был внутри корпуса; над кружком корпус должен выступать на 3–4 мм. Промазать kleem ПВАстык кружка с корпусом и отверстие с концевиками. Сделать надрез на корпусе бомбы, в него вставить концевики электровоспламенителя. Просушить 24 часа при температуре 25–30°C.

Подготовка мортир: один из торцов корпуса мортиры отбортовать внутрь на 15 мм. На отбортовку изнутри установить 4 кружка, промазав их kleem ПВА. Просушить 24 часа при температуре 25–30°C. В просущенной мортире просверлить отверстие сверлом 3 мм, соблюдая расстояние от дна 5 мм.

Сборка и снаряжение бомбы

Воспламенительную часть осадить внутрь корпуса бомбы до упора в отбортовку края корпуса так, чтобы подклеенный к кружку разрывной заряд

помещался внутри корпуса бомбы. Стык промазать kleem PVA. Корпус бомбы установить воспламенителями вниз. Засыпать внутрь корпуса 400 г звездок, перекладывая их отрезками стопинового шнура и опудривая пороховой мякотью. Осадить картонный кружок до контакта со звездками. На звездки усилий не применять. Стык кружка с корпусом промазать kleem. Просушить 24 часа при температуре 25–30°C. В процессе снаряжения бомбы на рабочем месте не должно находиться более 1,5 кг звездок и 300 г пороха или пороховой мякоти. В процессе работы звездки не должны подвергаться механическим воздействиям. После производства этих работ в помещении делают влажную уборку.

Сборка «Люсткугеля»: донную часть (нижний отсек) устанавливают на столе так, чтобы концевики электровоспламенителя располагались внизу. В эту часть насыпают 50 г дымного пороха. Сверху на эту часть установить снаряженную звездками бомбу замедлителями (воспламенителями) вниз. Полоску патронной бумаги длиной на 2 оборота вокруг «Люсткугеля» промазать kleem PVA. Стыкование частей «Люсткугеля» обклейте этой полоской и просушить 24 часа при температуре 25–30°C. Концевики электровоспламенителя продеть изнутри мортиры через 3 мм отверстие наружу, одновременно осторожно опуская внутрь мортиры собранный «Люсткугель». На «Люсткугель» осадить картонный кружок 1 мм толщины и его стык с мортирой промазать kleem. Концевики электровоспламенителя приклеить к стенке мортиры, собрать

«Люсткугель»

в пучок и поместить в верхнюю, свободную часть мортиры. На боковую поверхность мортиры наклеить этикетку. Все работы по сборке «Люсткугелей» проводят в отдельном помещении с соблюдением мер противопожарной безопасности. В помещении не должно быть одновременно более 10 изделий.

Упаковка

Готовые изделия пакуются в ящики по 10 штук. Свободные места проложить бумагой, исключая перемещение изделий в таре во время транспортировки. Допускается раздельная упаковка (мортира + бомба) в тех случаях, когда планируется неоднократное использование мортир.

Инструкция по применению

На месте применения необходимо вскрыть ящик и извлечь необходимое количество изделий.

Расправить концевики электровоспламенителей.

Установить и прикопать мортиру на 1/3 в месте пуска.

Соединить концевики электровоспламенителей в группы.

Присоединить концевики электровоспламенителей к магистральному проводу.

Магистральные провода подвести к пульту управления.

В момент пуска включить электрический ток от источника тока.

Требования безопасности при применении «Люсткугелей»

Хранение и транспортировку этих изделий осуществляют по правилам соответствующих ВВ и пиротехнических изделий.

ПИРОТЕХНИК

Мортиры в месте пуска должны быть надежно закреплены.

Монтаж сети проводов осуществляется от мортиры к пульту, а не наоборот.

Безопасное расстояние для людей и легковоспламеняющихся материалов — 30 м.

Источник тока подключают к пульту только после окончания всех подготовительных работ в зоне пуска.

После окончания работы источник электротока отсоединить от пульта.

Проверить все мортиры, с целью обнаружения «не сработавших» изделий.

По окончании работ ответственный пиротехник лично тщательно осматривает местность в радиусе 50 метров от точки пуска. Найденные и «несработавшие» изделия уничтожаются на месте.

Технология изготовления фейерверочного изделия «Бурак»

Это фейерверочное изделие описано во всех книгах по пиротехнике. Оно было известно еще в давние времена. Основной эффект этого изделия — выброс в ночное небо из мортиры разных цветов звездок или «швермеров». «Бураки» широко используются при киносъемках, когда в фильме есть фейерверк. Хороши «Бураки» и для увеселительных фейерверков.

Основные характеристики

Общий вес изделия — 0,5 кг.

Вес снаряжения (звездки, «швермеры») — 0,3 кг.

Высота подъема снаряжения — до 30 м.

Гарантийный срок хранения — 1 год.

Устройство изделия

«Бурак» представляет собой изделие, состоящее из мортиры и снаряжаемых в корпус (в мортиру) звездок или «швермеров». Реже и то, и другое в одном «Бураке». На дно мортиры устанавливают заряд черного пороха с электровоспламенителем.

Изготовление мортир и зарядов

Наименование	Мортира	Заряд	Технология изготовления
Диаметр внутр.	100 мм	-	Навивка бумаги с проклейкой
Высота (мм)	200	60	Мортира обрезается на станке
Ширина (мм)	-	30	Для заряда шьют мешочки из ситца
Высота отбортовки края корпуса	15 мм	-	Отбортовка на токарном станке
Число слоев	20	-	
Картонные кружки и диафрагмы			
диаметр	100 мм	-	
толщина	2 мм	-	
количество	5 шт.	-	Вырубка кружков на прессе

ПИРОТЕХНИК

Наименование	Мортира	Заряд	Технология изготовления
Диаметр отверстий в диафрагме	10 мм	-	Вырубка вручную
Число отверстий	20	-	
Марля: длина ширина	100 мм 100 мм	-	Ножницы
Опорное кольцо: длина ширина	220 мм 20 мм	-	

Изготовление мортир: один из торцов, обрезанный по размеру гильзы, отбортовать внутрь с густой проклейкой kleem PVA. Высота отбортовки 15 мм. Изнутри на отбортовку осадить на kleю 3 кружка (днище). Просушить 24 часа при температуре 25–30°C. Снизу, в боковой стенке выше днища на 10 мм проделать отверстие диаметром 3 мм. Опорное кольцо приклеить к внутренней стенке мортиры и просушить в течение 24 часов при температуре 25–30°C. Диафрагму смазать kleem PVA и приклейте к марле. Марля должна быть свободной от kleя.

Вышибной заряд

В ситцевый мешочек поместить 30 г дымного пороха. В порох опустить электровоспламенитель. Обвязать горловину мешочка суровой ниткой. В процессе изготовления зарядов на рабочем месте должно быть пороха не более 300 граммов или 10 готовых зарядов. По изготовлении такого количества заряды выносят в другое помещение. Работа по изготовлению вышибных зарядов должна осуществляться в изолированном помещении и в соответствии с инструкциями по технике безопасности со взрывчатыми материалами.

Сборка изделия

Расправить концевики электровоспламенителя, завести их изнутри в отверстие в боковой стенке

«Бурак»

корпуса мортиры и протянуть таким образом, чтобы пороховой заряд оказался в центре dna мортиры. Диафрагму марлей вниз осадить до упора в опорное кольцо. На диафрагму уложить 300 граммов звездок цветного огня или 7 штук «швермеров», перекладывая их отрезками стопиновой нити (70–80 мм). Звездки еще и опудриваются пороховой мякотью. На звездки осадить картонный кружок толщиной 1 мм до упора в верхние звездки или «швермеры». Усилить на звездки не применять. Стык кружка со стенками мортиры промазать kleem PVA. Концевики электровоспламенителя протянуть вдоль стенки мортиры, у верхней кромки приклейте лентой к мортире, а остальные, собрав в пучок, уложить в мортиру. На корпус мортиры наклеить этикетку или поставить штамп с обозначением изделия. В процессе снаряжения «Бураков» на рабочем месте должно находиться не более 1,5 кг звездок, 12 подготовленных мортир с зарядами и 300 граммов пороховой мякоти. В процессе работы звездки не должны подвергаться механическим нагрузкам (удары, трение, большое сжатие и т.п.). После окончания работ во всех помещениях делается влажная уборка.

Упаковываются готовые изделия по 12 штук в ящики. На стенку ящика приклейте этикетку с обозначением изделия, даты изготовления и фамилии ответственного пиротехника. Изделия в ящике должны быть плотно упакованы и не перемещаться во время транспортировки.

Инструкция по применению

1. Вскрыть ящик и извлечь из него необходимое количество «Бураков».

2. Расправить и зачистить концевики электровоспламенителей.
3. Установить мортиры в месте пуска.
4. Прикопать на 1/3 мортиры в грунт.
5. Соединить концевики в группы.
6. Присоединить концевики электровоспламенителей к магистральному проводу.
7. Магистральный провод подсоединить к пульту.
8. В момент пуска включить электроток от источника тока.

Требования безопасности при применении

1. Транспортировку и хранение «Бураков» осуществляют по правилам относительно взрывчатых веществ.
2. Закрепить мортиры, предохранить от падения.
3. Монтаж электропроводов ведется от изделий к пульту, но не наоборот.
4. Пульт располагают на расстоянии не менее 30 м от изделий.
5. Источник тока подсоединить к пульту после всех подготовительных работ и убедившись, что в зоне пусковых установок нет людей.
6. После окончания работы источник тока отсоединить — обесточить сеть. Проверить мортиры с целью выявления отказов.
7. Ответственный пиротехник делает осмотр местности в радиусе 50 м от точек пуска с целью обнаружения невзорвавшихся «швермеров» и возможных очагов загорания.

Технология изготовления звездок для «Люсткугелей» и «Бураков»

Эта технология позволяет получать звездки различных цветов на основе фенольно-резерциновой смолы или спиртового лака.

Рецепты звездок

Красного огня

Нитрат стронция — 40,5%, влага — не более 2%.
Шеллак — 9,5%.

Хлорат калия — 38,5%, влага — не более 1,5%.
Тиомочевина — 11,5%, влага — не более 1%.

Желтого огня

Шеллак — 11%.

Хлорат калия — 38,5%, влага — не более 1,5%.
Тиомочевина — 11,5%, влага — не более 1%.
Нитрат натрия — 39%, влага — не более 2%.

Зеленого огня

Шеллак — 8%;

Хлорат калия — 38,5%, влага — не более 1,5%;
Тиомочевина — 11,5%, влага — не более 1%;
Нитрат бария — 42%, влага — не более 2%.

Просушивание материалов и химикатов

Просушивание производится при температуре 25–30°C на лотках или картоне, если эти материалы не удовлетворяют требованиям технологии. Лотки и стеллажи должны быть чистыми и сухими. Просушивание окислителей должно производиться отдельно от других компонентов, особенно бертолетовой соли и тиомочевины.

Измельчение

Измельчение окислителей и тиомочевины проходит на воздушной мельнице, измельчение шеллака

и идитола — на шаровой мельнице. Хлорат калия, параформ и другие материалы для звездок поступают на производство без измельчения. Если в процессе хранения они слежались или закристаллизовались, их протирают через сито вручную. В других случаях можно размолоть на деревянной поверхности деревянным катком. Мелкие партии химикатов измельчают в фарфоровой ступке пестиком.

Просеивание

Просеивание всех компонентов для изготовления звездок цветного огня необходимо производить через сито № 43. Сито для хлората калия должно иметь отметку: «Только для хлората калия».

Взвешивание и смешивание компонентов.

Все компоненты для этих изделий взвешивают на точных весах. Одновременно можно изготавливать не более 1 кг состава. Смешивание производят за предохранительным щитком на столе, покрытом kleenкой, вручную, не менее 10 минут.

Приготовление смеси ФРП и спиртового лака.

Взвесить на аптечных весах смолы ФР-12 — 140 г и 11 г парафина. Если нет смолы и парафина — изготовить спиртовой лак (раствор): 120 г спирта и 30 г идитола. ФРП или спиртовой лак вводят в состав из расчета 120–125 граммов на 1 кг состава, то есть в уже готовый, смешанный состав. Только с вводом ФРП или спиртового лака состав полностью готов. Хорошо перемешанный, до однородного состояния, состав можно считать готовым к прессованию. Состав должен быть в виде густой пасты. Такой состав протереть через сито № 25 (влажный) и передать в другое помещение для прессования звездок.

Звездки для «Люсткугелей» и «Бураков»

Прессование звездок

Для прессования очень удобно подобрать или изготовить поддон и матрицу на одну партию состава.

В кольцеобразную матрицу насыпать ровным слоем дымного зернистого пороха 15–20 граммов, затем ровным слоем партию состава (280 г). Принять верхней поверхности состава горизонтальность и на эту поверхность ровным слоем насыпать еще 15–20 граммов дымного зернистого пороха. На этот состав, где сверху малый слой пороха, опускают поддон, имеющий насечку размера звездок, и прессуют с давлением 4–5 кг/см². Хорошо иметь четыре матрицы — тогда партия состава больше 1 кг будет быстро запрессована еще влажная. Через 30–40 минут после запрессовки каждая запрессованная порция режется ножом вручную на кубики-звездки, имеющие размеры 1×1×1,5 см.

Просушивание

Готовые звездки просушивают при температуре 25–30°C в течение 24 часов на чистом картоне. После этого их можно передать на снаряжение «Бураков» или «Люсткугелей». При просушивании звездок в сушильной комнате их должно быть не более 5 кг.

Требования безопасности при изготовлении

Измельчение и просеивание всех компонентов составов производится в резиновых перчатках и респираторе.

Смешивание составов должно проводиться за предохранительным щитом в кожаных перчатках.

При работе с готовыми звездками не допускать удара, трения, нагрузок.

ПИРОТЕХНИК

В помещениях, где происходит изготовление звездок, необходимо 2–3 раза в день производить влажную уборку.

На столе уборка производится после изготовления каждой партии.

Технология изготовления «китайских колес» различных цветов

Это фейерверочное изделие является одним из наиболее эффектных элементов фейерверочного представления. «Китайское колесо» в процессе горения образует круги яркого цветного огня. Вариант изделий, о которых пойдет речь ниже, разработан с учетом требований киносъемок. Это не значит, что наше изделие не пользуется успехом в увеселительных фейерверках. Скорее, наоборот. Любой увеселительный фейерверк был бы беден без этого изделия и терял бы много в зрелищном и увеселительном аспектах.

Основные характеристики изделия

Вес одного элемента — 100 г.

Внутренний диаметр гильзы — 15 и 18 мм.

Длина гильзы элемента — 16 см.

Продолжительность горения — 50 сек.

Гарантийный срок хранения — 1 год.

Устройство изделия

К деревянной рейке параллельно закрепляются два форсовых элемента, которые обеспечивают выброс огненной струи через отверстия, высуверленные в верхней стенке гильзы каждого элемента. Рейка посажена на ось и поэтому вращается вокруг этой оси за счет отталкивающей силы огня и газов, а огненные струи образуют вид колеса соответствующего цвета. Отличительной и качественной особенностью изделий, изготовленных по этой технологии, является малое количество дыма и большая яркость пламени, что особенно важно в условиях киносъемок.

Изготовление бумажных гильз и реек

Наименование	Диаметр	Длина ширинка	Толщина	Количество	Технология изготовления
Гильза бумажная	18 мм	15 или 16 см	0,4 см	2	На станке с казеиновым kleem.
Отверстия	6 мм	-	-	3	Вырубка на токарном станке с приспособ.
Рейки деревянные	2 см	35 см	2 см	1	Столярный цех
Отверстие в рейке	6 мм	-	-	1	Сверлильный станок
Соc (гвоздь)	5 мм	100 мм	-	1	Подбор

Работа на техническом оборудовании и механизмах — согласно инструкции по технике безопасности работ на соответствующих механизмах и станках. Прежде чем работать на каком-либо станке или механизме, убедитесь в его исправности, подготовьте инструмент, материалы для обработки, приспособления и тару. Проверь заземление электрооборудования.

*Рецепты красного и зеленого
«китайских колес»*

Наименование компонентов	Соотношение компонентов в — %		Влажность (не более)
	красного	зеленого	
Нитрат бария	-	65	2
Гексахлорбензол	10	15	2
Нитрат стронция	60	-	2
Mg (МПФ-4)	20	15	-
Уголь древесный	2	-	-
Искристый состав*	2	-	-
Масло веретенное	3	3	-
Идитол	10	6	-

* Искристый состав (рецепт)
Хлорат калия (бертолетова соль) — 50%;
Пудра Al (алюминия) — 50%;
Клейстер крахмальный (сверх 100%) — 73%.

«Китайские колеса»

Такой искристый состав получают в виде отсева при изготовлении бриллиантовой крупки или специально измельчают ее, протерев вручную через сито № 25. Протирать следует крайне осторожно.

Компоненты, не удовлетворяющие требованиям технологии по влажности, необходимо просушить при температуре 25–30°С. Лотки и стеллажи для них должны быть сухими и чистыми. Просушивание окислителей должно проходить отдельно от других химикатов и компонентов.

Измельчение нитратов бария и стронция, идитола, гексахлорбензола осуществляют на воздушной мельнице, измельчение угля — в шаровой мельнице.

Просеивание химикатов делают вручную через сита: нитратов бария и стронция — № 43; гексахлорбензола — № 25; идитола — № 43; угля древесного — № 64; искристого состава — № 25. Сита для окислителей-нитратов должны иметь специальную маркировку: «Только для нитратов».

Приготовление составов

Компоненты составов взвешивают на торговых весах. Одновременно разрешено смешивать не более 3 кг состава.

Веретенное масло дозируют мерной посудой и вводят в порошок магния (Mg). Затем тщательно перемешивают и только в смешанном виде магний с маслом (гидроизоляция металлических порошков) смешивают с другими компонентами.

Состав смешивают вручную на столе, покрытом kleenкой. Продолжительность смешивания не

менее 10 минут. Готовый состав передают в помещение для снаряжения изделий. Просыпанный случайно в процессе работы состав убирается немедленно.

Искристый состав очень чувствителен. Он требует крайне осторожного обращения: беречь от ударов, трения, нагрузки. На рабочем месте его может находиться не более 100 граммов.

Подготовка воспламенительных элементов

Отрезки стопинового шнура длиной 20 см вставить в бумажные трубы («макароны») с таким расчетом, чтобы оголенного стопинового шнура было 12–15 мм. Эта часть потом пойдет в первое отверстие форсового элемента.

Снаряжение форсовых элементов

Снаряжение элементов вручную. Состав уплотняется ударами деревянного (пластмассового) молотка по набойнику. Для этого бумажную гильзу, обрезанную по размеру, сухую, с просверленными и заклеенными тонкой бумагой отверстиями, установить на подставку, засыпать порцию негорючей глины, уплотнить набойником и молотком, отметить карандашом размер глиняной пробки. Высыпать из гильзы незапрессованную глину. Насыпать состава 1/4 часть от всей емкости гильзы и запрессовать ударами молотка по набойнику. Повторять до тех пор, пока после последней запрессовки состава не останется двух сантиметров свободной гильзы. Отметить это место карандашом, затем засыпать глину и запрессовать тем же методом. Дозировку глины, каждой порции состава, количество и силу ударов подбирают опытным путем. Из

«Китайские колеса»

каждой партии сжигают по одному изделию и проверяют, отвечает ли оно нашим требованиям. «Колесо» должно гореть 50 секунд ровно по всей продолжительности горения, без вспышек и затухания. Запрессованные элементы передают для монтажа. При запрессовке на рабочем месте должно быть не более 1 кг состава.

Монтаж изделия

Два форсовых элемента привязываются проволокой к противоположным концам рейки, форсами отверстиями вверх и с противоположных сторон рейки. В центре рейки просверлить отверстие 6 мм сверлом с таким расчетом, чтобы форсовые элементы оказались один с верхней стороны рейки, а второй элемент — с нижней. Соединив их воспламенительные элементы (стопин) и оставив один конец для дальнейшего монтажа, связать стопиновые элементы крепкой ниткой. К одному из них надо подсоединить отрезок стопиновой нити в трубке, привязать крепкой ниткой. Изделие готово. Пакуют «Китайские колеса» не более 50 шт. в ящике. Упаковка должна быть плотной, но без повреждений воспламенительных и форсовых элементов. Свободное место проложить бумажной макулатурой, избегая перемещения в ящике готовых изделий при транспортировке.

Требования безопасности

До начала работ в помещениях, где будет проходить работа, необходима мокрая уборка.

Просеивание химикатов и смешивание состава производить в резиновых перчатках и респираторе.

Соблюдать правила пожарной безопасности.

Инструкция по применению

1. Распаковать ящик и вынуть необходимое количество изделий.
2. Закрепить на стойках на гвоздях. Проверить вращение: «колесо» не должно касаться при проверке никаких предметов, а также не должно срываться с оси (гвоздя).
3. Если способ поджога огневой — надо закрепить к изделию дополнительный отрезок стопиновой нити 30–40 см. При пуске поджечь этот отрезок и уйти на 3–5 м. Если способ электрический — оголить 2–3 см стопиновой нити и закрепить его в дульце электровоспламенителя, а концевики последнего подключить к магистральному проводу. В момент пуска — включить ток.

Хранение и транспортировка «китайских колес» осуществляется по правилам хранения и транспортировки ВВ и пиротехнических изделий.

Запрещается применение «китайских колес» ближе 10 м от легковоспламеняющихся материалов.

Газообразные продукты горения «китайских колес» токсичны, ядовиты, вследствие этого применение их в помещениях недопустимо.

Технология изготовления мощного фейерверочного искристого фонтана

Изделие это разработано и внедрено в практику сотрудниками нашего коллектива. Особую работу, из желания видеть этот фонтан в «деле», проделал В.М. Сухорецкий, будучи начальником цеха. Фонтан большой мощности используется в фейерверках как один из элементов картины, так и самостоятельно. В процессе горения он образует большое количество бриллиантово-белых искр, поднимающихся на высоту 5–7 метров, отлично имитирующих выброс водной струи фонтана. Это изделие горит практически без дыма, что является большим преимуществом при киносъемках и фейерверках.

Основные характеристики фонтана

Вес — 250 граммов.

Внутренний диаметр — 45 мм.

Высота изделия — 140 мм.

Продолжительность горения — 50 сек.

Гарантийный срок хранения — 3 месяца.

Устройство наиболее простое из знакомых нам фейерверочных изделий. В цилиндрический бумажный корпус запрессован искристый пиротехнический состав с центральным каналом вдоль вертикальной оси изделия. В донной 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 впрессованного в нижнюю часть центрального канала воспламенительного состава. Горение фонтана происходит по всей поверхности центрального канала, что обеспечивает

ПИРОТЕХНИК

максимальное увеличение горячей поверхности, особенно в последней фазе горения.

Изготавливают корпуса на станке из патронной бумаги марки «А», с полным промазыванием казеиновым клеем, со следующими параметрами:

высота — 140 мм;

внутренний диаметр — 45 мм (МПШ-3);

число оборотов бумаги — 16.

Кружок для нижнего торца вырубается из толстого картона, диаметр его 45 мм.

Рецепт изделия

Основной состав

Нитрат аммония (NH_4NO_3) — 78%.

Уголь древесный — 12%.

Милори — 10%.

Порошок алюминия № 4 — 20% сверх 100%.

Воспламенительный состав

Нитрат бария — 48%.

Перекись бария (BaO_2) — 30%.

Магния порошок № 4 (МПФ-4) — 13%.

Идитол — 9%.

Масло трансформаторное отработанное — 2% сверх 100%.

Измельчение компонентов

Древесный уголь измельчается в шаровой мельнице, остальные — в воздушной мельнице. Металлические порошки и милори в этом рецепте измельчению не подлежат (металлические порошки никогда не измельчаются).

Просушивание химикатов

Химикаты и компоненты, не отвечающие требованиям технологии по влажности, сушат при

Мощный фейерверочный искристый фонтан

температуре 30–40°C на чистых лотках слоем 2–3 см. Просушивание окислителей (Sr , Ba , NH_4NO_3) должно осуществляться отдельно от других компонентов. Просеивание компонентов составов осуществляют вручную через следующие сита:

1. Нитрат аммония — сито № 25.

2. Уголь древесный — просеять через сито № 25, а затем отсеять через сито № 43. Тот, что не пройдет через сито № 43, — наш. Его-то мы и берем в качестве компонента.

3. Нитрат стронция — сито № 43.

4. Нитрат бария — сито № 43.

5. Перекись бария — сито № 43.

6. Идитол — сито № 43.

7. Шамотная (негорючая) глина — сито № 25.

В связи с тем, что нитрат аммония в измельченном состоянии слеживается и перекристаллизуется, его просеивание надо производить непосредственно перед смешиванием состава. Сито для нитрата аммония должно быть отдельным с маркировкой: «Только для NH_4NO_3 ».

Приготовление воспламенительного состава

Компоненты для воспламенительного состава взвешивают на аптечных весах. Одновременное приготовление этого состава не должно превышать 300 граммов. Компоненты смешивают вручную, на столе, покрытом клеенкой, не менее 10 минут.

Приготовление основного состава

Компоненты основного состава взвешивают на торговых весах из расчета одновременного приготовления трех кг состава. Смешивают этот состав вручную, на столе, покрытом клеенкой, не менее 10 минут.

Готовые составы передают в помещение для запрессовки. Тара, которой пользуются для хранения и переноски этих составов, не должна иметь щелей и отверстий. На боковой стенке тары должна быть маркировка: «Только для составов с NH_4NO_3 ». Пластмассовые емкости должны быть сухими и чистыми. Однако следует избегать использования пластмассовой посуды из-за ее способности накапливать статическое электричество. Случайно просыпанный состав в процессе работы должен быть убран немедленно.

Инструмент для прессования фонтанов

1. Дюралюминиевый поддон фигурного профиля со штырем в центре.
2. Дюралюминиевый набойник с отверстием в центре для штыря поддона.
3. Тяжелая деревянная киянка.
4. Щипцы, специально изготовленные под размер поддона.
5. Мерные совки (для составов и глины).
6. Набойники для глины (без отверстия).

Прессование и отделка фонтанов

Установить гильзу на поддон.

Засыпать порцию негорючей глины с расчетом, чтобы пробка, образованная ею, была высотой примерно 25 мм. Опустить набойник без отверстия и киянкой запрессовать глину.

Вынуть набойник, опрокинуть гильзу, высыпать незапрессованную глину.

Засыпать первую порцию основного состава и 2–3 сильными ударами запрессовать эту порцию. Фонтан запрессовывается за 2 порции.

Мошный фейерверочный искристый фонтан

Произвести запрессовку второй порции.

После второй (и последней) порции запрессовки состав должен находиться ниже верхнего обреза гильзы на 10 или 15 мм.

В эту свободную часть засыпать намолотую глину и сильными ударами запрессовать ее.

Картонный кружок осадить на эту глину и его стык с корпусом промазать kleem PVA.

Снять фонтан с поддона (специальные щипцы).

При отделке фонтана подклейть к верхней его части полоску бумаги в один оборот так, чтобы бумага выступала над обрезом корпуса фонтана на 6 см. В центральный канал опустить двойную стопиновую нить в бумажной трубке общей длиной 20 см так, чтобы с каждой стороны оставалось по 1 см шнура, не закрытого трубкой. Затем поместить в канал 5 г воспламенительного состава и уплотнить его, постукивая набойником по составу. При этом надо следить, чтобы конец стопинового шнура оставался погруженным в воспламенительный состав. Крепкой, прочной ниткой плотно затянуть выступающую над корпусом фонтана бумажную полосу вокруг стопинового шнура. На оголенную часть стопинового шнура надеть бумажный колпачок (предохранитель). Стопиновый шнур подогнуть и подклейте липкой лентой к корпусу фонтана. Готовый фонтан укладывают в полиэтиленовый пакет и последний запаивают, так как состав крайне гигроскопичен.

Упаковка готовых фонтанов. Готовые фонтаны устанавливают в ящике по 56 штук вертикально, упаковка должна быть плотной, исключающей перемещение изделий в ящике. На боковой стенке

ящика должна быть этикетка с обозначением изделия и маркировка: «Не кантовать!».

Требования безопасности при изготовлении

При работе с нитратом аммония необходимо помнить, что смешение даже небольшого количества этого химиката с хлоратами недопустимо. При соединении нитрата аммония с хлоратами происходит обменная реакция, продуктом которой становится хлорат аммония — вещество нестойкое и чувствительное, способное взорваться при самых малых механических воздействиях (удар, трение, давливание, протирание через сито).

До начала и после окончания работ по измельчению, просеиванию, приготовлению составов с нитратом аммония и даже прессованию изделия необходимо производить мокрую приборку помещений и инструмента (по окончании работ).

Просеивание компонентов и прессование должны производиться в резиновых перчатках и респираторах.

Хранение фонтанов на стационарных складах должно производиться в изолированных от других изделий отсеках.

В связи с тем, что нитрат аммония гигроскопичен, все работы с ним проводят в помещении с влажностью не более 65%.

Инструкция по применению

При электрическом способе воспламенения фонтанов необходимо: установить фонтан на место и закрепить от падения, освободить стопиновый шнур, соединить его с электровоспламенителем, концевики электровоспламенителя подключить к

Мощный фейерверочный искристый фонтан

магистральному проводу, в момент воспламенения — подключить электроток.

При огневом способе воспламенения: установить и закрепить фонтан в месте использования, освободить стопиновый шнур, соединить нужную группу фонтанов общим стопиновым шнуром, поджечь стопиновый шнур в одном месте. Отойти на безопасное расстояние — 5–10 м.

Требования безопасности при применении

Транспортировка и хранение таких фонтанов осуществляется в соответствии с правилами транспортировки и хранения пиротехнических средств — (Группа №1). Безопасное расстояние при горении фонтанов — не менее 5 метров. В радиусе 10 метров от горящего фонтана не должно быть легковоспламеняющихся материалов.

Изготовление «искристых» фонтанов для имитации искр, образующихся при обработке и плавке металлов

Изготовление таких фонтанов известно давно. Пиротехники-фейерверочники постоянно изготавливали фонтаны такого типа. Только искры изготавливались из металлических опилок или древесного угля. Применялись металлы (стружка, опилки): медь, сталь различных сортов, алюминий, магний, цинк, а также зерна древесного угля различной величины. Технология, разработанная нами, о которой пойдет речь ниже, наиболее применима к киносъемкам, хотя ни один увеселительный фейерверк не обходится без таких фонтанов. Разнообразие и большой ассортимент этих фонтанов дают простор пиротехнику по оформлению кинокадров и на монтаже фейерверка. Последние 15–20 лет мы не меняем технологии, так как фонтаны, сделанные по существующей технологии, устраивают пиротехников, и заказчиков. Но это не значит, что все лучшее найдено. Наоборот! Надо искать фонтаны с дешевыми (по химикатам) и эффектными цветными (красные, зеленые, желтые, синие) искрами.

Рецепт изделия (состава)

Пороховая мякоть: 100 в/ч. { Селитра калиевая...75%
Сера.....12%
Уголь мелкий.....13%

Увлажнитель (керосин, спирт) — 2 в/ч (керосин увеличивает дымообразование).

Имитация искр

Количество одновременно смешиваемого состава — 520 г ($130 \times 4 = 520$). Количество состава на 1 фонтан 45–50 граммов. Продолжительность смешивания 10 минут.

Смешивание происходит в крепком полиэтиленовом мешке или на клеенке, на столе. Пока не введены гранулы, состав 2 раза надо протереть через сито № 25 (после ввода керосина или спирта).

Изготовление: установить бумажную гильзу на поддон, мерным совком насыпать порцию негорючей глины (равное диаметру гильзы), ввести набойник с отверстием и запрессовать киянкой. Должно образоваться форсовое сопло диаметром 6 мм. Вынуть набойник, высыпать незапрессованную часть глины. За 4–5 порций, мерным совком насыпать состав, запрессовать его набойником без отверстия и киянкой, оставив 2 см для негорючей глины. Этот свободный участок запрессовать глиной до обреза гильзы. Левой рукой держат поддон, а правой — снимают с него фонтан.

Отделка фонтанов

Проверить правильность набивки, нет ли повреждения сопла, образованного поддоном при снятии фонтана. Нарезать папиросной бумаги, чтобы ее длина дважды охватила окружность гильзы, а ширина была 5–6 см. Положить бумагу на стол, намазать края бумаги kleem и приклейте ее к гильзе фонтана, сделав ее продолжением гильзы. Приклейте эту «шубку» со стороны сопла. Сопло фонтана осторожно проткнуть шилом, убедиться, что фонтанский состав обнаружен. Нарезать стопиновый шнур отрезками по 15–20 см. Этот отрезок стопина в трубке

вставить в сопло фонтана так, чтобы он был как бы «заклинен» в сопле. После этого в сопло фонтана насыпать 1–1,5 грамма пороховой мякоти (подсыпки). Собрать подклеенную «шубку» в пучок вокруг стопинового шнуря в трубке и, не высыпая «подсыпки», осторожно, но крепко обвязать суро-вой ниткой это место, стараясь поместить нитку возле края гильзы фонтана. Фонтан готов.

Упаковка

Готовые фонтаны уложить в ящик рядами. Между рядами проложить лист прочной бумаги (патронной) так, чтобы бумага перекрывала весь предыдущий ряд фонтанов. В «конфетный» ящик помещают 147 фонтанов. На боковую стенку ящи-ка наклеивается этикетка с указанием изделия, датой изготовления, фамилией ответственного пи-ротехника.

Требования безопасности

При прессовании на рабочем месте состава должно быть не более 520 граммов.

Строго соблюдать величину двух первых порций состава. Набойник № 2 (без отверстия) использо-вать при первой порции состава, когда стержень поддона покроется составом не менее чем на 3 см.

На рабочем месте не должно быть более 10 го-товых фонтанов.

При запрессовании (набивке) фонтанов на руку, держащую набойник, обязательно надеть перчатку, желательно кожаную.

При горении фонтана безопасное расстояние по направлению выброса искр (под ветром) — не ме-нее 6 метров.

Имитация искр

Горящие фонтаны запрещено брать в руки, переносить на новое место, гасить. Изменение ре-жима его горения приводит к взрыву фонтана. Взрыв фонтана в руках пиротехника обязательно приведет к травме.

Об инструменте

Набойник № 1 — с внутренним отверстием на 1 мм больше, чем у штыря—поддона; штырь на поддоне диаметром 5,6 мм; высота от головки 1,8–2,2 см. Высота головки 0,8–1,0 см. Набой-ник № 2 — без отверстия. Все инструменты из мягкого металла (лучший — алюминий). Малая масса — значит минимальное приложение силы удара. Алюминий, из которого сделан инструмент, не дает искру при ударе. При этом весь инстру-мент — набойник и поддон — должен быть от-шлифован.

Изготовление бенгальских огней

Даже по названию можно определить, что это изобретение из далекой Индии. Это мелкое пиротехническое изделие довольно простое в изготовлении, относительно безопасное в применении. Применяется как одиночно, в руках, так и в массовых, больших количествах. Особенно на детских праздниках. По моему глубокому убеждению, это единственное пиротехническое изделие, которое можно дать в руки ребенку школьного возраста. «Бенгальские свечи» пользуются большим спросом. Есть спрос — должно быть и предложение. Пиротехнику-одиночке можно специализироваться только на изготовлении бенгальских свечей и, доведя их до совершенства, в нынешней рыночной ситуации стать монополистом этого изделия.

Состав свечи горит 40–50 секунд и разбрасывает по сторонам красные блестящие искры, так называемый холодный огонь, не выделяя при этом дыма. Процесс изготовления свечей состоит из резки проволоки и составления сборки, приготовления состава, нанесения состава на проволоку и сушки свечей. Проволоку надо брать стальную необожженную, толщиной 0,7–1 мм. Отрезки должны быть не кривыми, ровными. Нарезанная проволока набирается в сборки, по 150–200 шт. в каждую сборку. Сборка состоит из деревянной рамы длиной 30–35 см, шириной 20–25 см и высотой 3–4 см, поддона фанерного, верхней и нижней неподвижных и средней подвижной решеток, сделанных из фанеры. Для неподвижных решеток фанера берется толщиной

Бенгальские огни

около 3 мм, а для подвижной — около 5 мм. К средней, подвижной решетке с передней стороны прикрепляются шайбы, два винта диаметром около 5 мм каждый, на которые надеваются шайбы, имеющие диаметр несколько больше расстояния между верхней и нижней неподвижными решетками. На винты навинчиваются гайки с барашками. Все три решетки имеют по 150–200 отверстий диаметром 2,5–3 мм, расположенных в шахматном порядке. При просверливании отверстий надо скрепить все три решетки, тогда они полностью совпадут при работе по отверстиям. Средняя решетка посредством барашков может выдвигаться вперед на некоторое расстояние, перекрывая таким образом отверстия верхней и нижней решеток. Нарезанная проволока вставляется концами через отверстия всех трех решеток в сборку так, чтобы концы ее упирались в поддон сборки. Когда сборка будет набрана полностью, выдвигают среднюю выдвижную решетку вперед, отчего проволоку плотно зажимается в сборке. Когда проволоку требуется вынуть из сборки, барашки (гайки) отпускают и рукой отодвигают подвижную решетку назад до отказа. При переворачивании сборки поддоном вверх проволоки или готовые бенгальские свечи выпадут сами собой в подставленную емкость или на стол. Такая сборка вам потребуется, если вы будете делать бенгальские свечи промышленным (массовым) производством, когда будет отработан состав, и вы будете уверены, что ваша продукция будет востребована и вы не останетесь внакладе. А начинать надо с небольших проб состава, чтобы не переводить впустую химикаты. Химикаты надо брать

большими партиями, так как отработав полностью всю технологию, вы будете знать их. Химикаты новой партии, даже того же производителя, могут существенно отличаться от предыдущей, уже знакомой вам партии.

Приготовление состава

Составы для бенгальских свечей должны быть искристыми, время горения в изделиях не менее сорока секунд, температура горения не высокая — не плавить и не сжигать проволоку-основу, образовывать мало дыма и легко загораться от пламени спички, быть чувствительными к удару, трению и другим механическим воздействиям. Этим требованиям наиболее удовлетворяют составы, проверенные временем и не одним поколением пиротехников, привносивших малые изменения в зависимости от качества того или другого компонента. Основа составов такова:

№ 1.

Нитрат бария — 50% (или весовых частей).
Декстрин (или крахмал) — 14–12%.
Алюминиевая пудра — 6–8%.
Опилки стальные вороненые — 30%.

№ 2.

Нитрат бария — 50%.
Декстрин (или крахмал) — 12–14%.
Сплав Al + Mg № 4 (ПАМ) — 8–6%.
Опилки чугунные вороненые — 30%.

№ 3.

Нитрат бария — 50%.
Декстрин (или крахмал) — 12–14%.
Порошок Mg № 4 — 6–8%.
Опилки стальные вороненые — 30%.

Стоит ли говорить, что все компоненты должны быть сухими, металлические добавки — качественными. Азотнокислый барий надо просеять через сито № 40, а опилки должны пройти через сито № 30 в обвороненном состоянии (воронить — довести до кипения в масле. Металл приобретает цвет воронова крыла и не окисляется долгое время).

Для приготовления составов с декстрином отвесить нитрата бария — 1,5 кг, декстрина — 420 г и весьма тщательно смешивать 7–10 минут. Затем в эту смесь ввести металлический порошок (пудру, ПАМ, Mg), снова тщательно перемешать 3–5 минут. Последними в состав вводят вороненые опилки в количестве 900 г и, перемешав снова уже все вместе и убедившись в том, что состав однороден, пересыпать это все в ванну, имеющую несколько (на 1–2 см) больший, нежели сборка, размер. Ванна должна быть по высоте не менее 15 см. После того, как состав пересыпан в ванну, вливают туда же при постоянном помешивании состава деревянной лопаточкой немного воды до тех пор, пока состав не станет по консистенции напоминать густую сметану. Это о составе с декстрином.

Если в составах для свечей вместо декстрина берут крахмал, то взвешенные материалы перемешивают в следующем порядке: вначале смешивают нитрат бария с алюминиевой пудрой, порошком магния или порошком ПАМ не менее 7 минут, затем прибавляют отвешенные опилки и перемешивают 5 минут. После этого отвешенное количество крахмала разбавляют в возможно малом количестве воды и заваривают густой клейстер.

Клейстер еще горячим выкладывают в ванну, а в него всыпают смешанные компоненты-химикаты. Затем уже все вместе перемешивают самым тщательным образом минут 7-10.

Стоит отдавать предпочтение составам с крахмалом; его преимущество состоит в том, что равномерность смешивания у него не меняется, так как не происходит оседания частиц, как у составов с декстрином, за счет большей клейкости крахмального клейстера. Состав в ванне должен быть ниже ее краев примерно на 3-4 см и поддерживаться на этом уровне должен во время всей работы.

Нанесение состава и сушка свечей

Сборки с зажатой в них проволокой подносят к ванне, погружают проволокой вниз в состав на глубину 90-100 мм, затем, приподняв сборку и давая стечь излишку состава, относят сборку в сушильное помещение, где устанавливают в стеллаже так же проволоками вниз и оставляют на 2,5-3 часа. В сушильном помещении температура воздуха должна быть не менее 40°C. Так же поступают с каждой последующей сборкой. По истечении этого срока сборку снова приносят и погружают проволоками вниз в состав, снова дают стечь излишку состава с проволок и снова относят сборку в сушильное помещение на 2,5-3 часа. Так продолжают до тех пор, пока слой состава на проволоках не станет доходить до 5 мм в диаметре; после этого свечи окончательно просушивают на тех же стеллажах, при той же температуре не менее 12 часов.

Бенгальские огни

Чтобы получить хорошие, полноценные бенгальские свечи, их надо погрузить в состав и просушить 4-5 раз; перед каждым погружением проволок состав надо тщательно перемешать или даже «взболтать» деревянной лопаточкой; особенно следите за составом, если он сделан на декстрине, тяжелые стальные опилки все время стремятся опуститься на дно ванны, а нам нужен однородный равномерный состав. Перед укупоркой надо убедиться, что ваши изделия качественные. Для испытания и уверенности из каждой партии надо взять от разных сборок по одной-две свечи и опробовать. Нормально, если свечи горят равномерно, постоянно отделяя искры, горят не менее 40 секунд, выделяют мало дыма (если разлет искр не менее, чем на 0,3 м). Свечи должны загораться от пламени одной стандартной спички. Храниться бенгальские свечи должны в сухих проветриваемых помещениях. Срок хранения для этих изделий не должен быть более одного года. Исключением может быть хранилище, отапливаемое круглый год. Дело в том, что изделия с крахмалом могут плесневеть в процессе хранения в помещениях, не отапливаемых круглый год. Об этом надо помнить и время от времени нужно осматривать изделия и проверять. Укупоривать их надо в бумажных пакетах по 25 штук в каждом, на склад сдавать в стандартных деревянных ящиках. В каждом ящике мешочек с силикагелем. В каждом пакете должна быть инструкция по безопасному использованию с датой изготовления

ПИРОТЕХНИК

и датой предельного хранения, с фамилией мастера, изготавлившего свечи. На деревянных ящиках — этикетки, обозначающие время изготовления, количество изделий или пакетов, наименование изготовленного изделия.

Изготовление хлопушек

Хлопушки хороши тем, что их можно использовать в любом месте, как в помещениях, так и вне их. Хлопушки — наиболее простое пиротехническое изделие, с которого можно начинать свою пиротехническую деятельность. Они просты в изготовлении и вместе с тем требуют внимания и осторожности. Тут-то и должен начинающий пиротехник проверить себя — достаточно ли он внимателен и аккуратен в работе, а аккуратность и внимание потребуются при снаряжении хлопушек обязательно, как, впрочем, в любом деле, при любой работе над пиротехническими изделиями.

Для хлопушек потребуются гильзы — мортирки. Они должны быть плотно накатаны из бумаги или картона. Толщина стенок такой мортирки должна быть не менее двух миллиметров — это обезопасит руки при выстреле и направит содержимое в нужную сторону и на должное расстояние. Длина такой мортирки зависит от вашего желания, смотря что вы собираетесь туда поместить — конфетти, игрушку или серпантин — от 125 мм до 145 мм. А диаметр таких мортирок — от 25 мм до 45 мм. Пока мортирки не просохли, их надо «обжать» с одного края шпагатом и, сделав на этом месте двойной узел, дать им просохнуть до полной готовности.

Далее надо заготовить картонные кружки диаметром на 1 мм меньше диаметра мортирок. В центре каждого кружка проделайте шилом или гвоздем отверстие. Из суровых крепких ниток нарежьте концевиков длиной по 40—45 см, сложив их вдвое,

сделайте на концах узел. Поверх узла оставьте концы по 1-1,5 см длиной. При помощи вязального крючка проденьте нитку петлей вниз, расправьте концы над узлом по поверхности кружка. Таким образом, у нас картонаж заготовлен.

Приступаем к изготовлению петард. Состав петард, который я вам даю, в сухом виде не смешивать. Он очень чувствителен:

бертолетова соль — 75%
антимоний (сурьма трехсернистая) — 15%;
красного фосфора — 8% (не работать с белым!);
декстрин — 2%.

Изготовление состава должно производиться в таком порядке: отвешенные количества (а вам хватит ста граммов) бертолетовой соли и декстрина надо смешать в любой посуде до однородного цвета, затем налить немного воды и тщательно размешать. Состав должен быть по консистенции, как жидккая сметана. В эту смесь введите отвешенный антимоний и снова хорошо перемешайте. И последним введите фосфор. У вас должен получиться состав по консистенции, как сметана средней густоты. Еще раз напомню: не смешивать в сухом виде! Основательно и тщательно перемешав весь состав и убедившись, что нет отдельных компонентов, не смешанных со всеми другими, отставьте состав на 20–30 минут. Проверьте консистенцию смеси, и если она попрежнему напоминает сметану средней густоты, можно приступать к изготовлению петард. Если же смесь покажется вам жидкковатой — подождите некоторое время, пока она не загустеет, а если окажется густой — добавьте воды и тщательно перемешайте. Убедившись, что

Хлопушки

смесь готова к работе, приступайте к изготовлению петард. Для этого нанесите на узел на кружке крупную каплю состава. По возможности прижмите кончики нитки к кружку. Следите за тем, чтобы капля с составом прочно приклеилась к картонному кружку. Положите готовые петарды на просушку. На второй день можно петарды вставить в мортирки. Осторожно протянув нитку через отверстие в мортирке и убедившись, что кружок внутри плотно лежит, осторожно смотайте нитку, поместите ее в свободном заднем конце мортирки и заклейте его заготовленным кружком цветной бумаги. Просушите — это позволит вам избежать случайных выстрелов и ненужных неприятностей. Затем заполните мортирку конфетти или другим материалом, а верх заклейте газетной бумагой. Хлопушка готова. Для эстетики можете оклеить цветной бумагой или фольгой.

Вспомогательные пиротехнические средства

Мы с вами много говорили о том, как привести в действие, заставить работать (поджечь, взорвать) пиротехнические изделия. Большинство из этих средств — промышленного изготовления: электровоспламенители всех систем, спички-запалы, «ветровые» и «охотничьи», хозяйственные спички, детонаторы всех систем и калибров. Но ни один пиротехник кино в своей работе еще не избегал того, чтобы не использовать «стопиновый шнур», «нить стопина» или просто «стопин».

Технология изготовления «стопинового шнуря»

«Стопиновый шнур» представляет собой пучок из 12–28 селитрованных (замоченных в водном растворе нитрата калия и затем просушенных) хлопчатобумажных нитей, покрытых слоем быстрогорящего порохового состава. Шнур предназначается для передачи огневого импульса на одно или несколько пиротехнических изделий или элементов изделий. Для ускорения передачи огня шнур помещается в бумажную трубку. Технологический процесс, предлагаемый вам, предусматривает использование для этого изделия пиротехнического состава, который позволяет получить «стопиновый шнур», не уступающий по качеству изготовленному, на основе пороховой мякоти, на промышленном производстве.

Материалы и химикаты, необходимые для изготовления 1000 метров стопинового шнуря:

Вспомогательные пиротехнические средства

Нитрат калия — 9 кг.

Сера — 1,2 кг.

Уголь древесный — 1,3 кг.

Идитол — 0,8 кг.

Крахмал — 0,265 кг.

Нитки хлопчатобумажные — 1200 м.

По второму рецепту: порох дымный — 10 кг (вместо селитры, крахмала, идитола, серы, угля).

Рецепты на два варианта:

Наименование материалов	I вариант вес/част.		II вариант вес/част.		Сито №
	селитрование	стопинирование	селитрование	стопинирование	
Вода (литров)	4,5	4,5	4,5	4,5	-
Нитрат калия	4,5	7,5 кг	1,5 кг	-	43
Сера	1,5 кг	0,120 кг	-	-	-
Уголь древесный	-	500 г	-	-	43
Идитол (грамм)	-	800	-	-	43
Крахмал (г)	-	265	-	265	-
Порох дымный (2 варианта)	-	-	-	10 кг	43

Селитрование хлопчатобумажных ниток для стопинового шнуря

Сделать раствор нитрата калия (селитры) в воде: 4,5 л воды ($t^o = 45^o\text{C}$) + 1,5 кг KNO_3 (селитры). В этот раствор погрузить свободно размотанную нить (длина 1200 м) и содержать под грузом 2–3 часа. Следить за тем, чтобы нить не запуталась. После замачивания эту нить наматывают на деревянную рамку для просушивания. Просушивают не менее 24 часов при температуре $30\text{--}40^o\text{C}$.

Приготовление состава стопинирования.

I вариант. В производство допускаются материалы, отвечающие требованиям технологии. Все материалы должны быть сухими. Если необходимо — просушить 24 часа при температуре $35\text{--}40^o\text{C}$. Все компоненты просеиваются через сито № 43. Если

предварительно просеянные компоненты слежались, их надо протереть через сито еще раз, непосредственно перед смешиванием.

Смешивание длится не менее 10 минут вручную на столе, покрытом kleenкой.

Измельчение нитрата калия производится на воздушной мельнице, угля и идитола — в шаровой мельнице. Взвешивают компоненты на торговых весах, из расчета одновременного приготовления состава 2,5 кг.

II вариант. Взвесить 10 кг дымного заводского пороха и высыпать его в емкость, влить в него 3 литра воды с температурой 38–45°C. Через равные промежутки времени помешивать деревянной лопаточкой в течении 12 часов. Влажную массу пороха пропустить (протереть) дважды через сито № 43.

Приготовление крахмального клейстера и пороховой массы для стопинирования

Вскипятить четыре литра воды. Развести 265 граммов крахмала в 0,5 литра холодной воды и влить этот раствор в кипящую воду, постоянно помешивая. Дать клейстеру остить (остудить его). Остывший клейстер ввести в пороховой влажный состав и тщательно перемешать до однородной массы. Затем еще раз протереть через сито № 25.

Стопинирование шнуря (нанесение горючего состава на нитки)

Проселитрованный и высушенный шнур укладывают в эмалированный или другой сосуд с чистыми внутренними поверхностями, периодически заливая (покрывая) его пороховой массой, стараясь сделать так, чтобы вся нить была обмазанной

Вспомогательные пиротехнические средства

этой массой. В таком виде продержать нитки 1,5 часа, затем всю нить (шнур стопиновый) переложить в другой тазик, пропуская его через руки с пороховой массой. Еще более внимательно проследить, чтобы не было белых ниток, то есть чтобы все нитки были покрыты пороховой мякотью. После этой операции стопиновый шнур наматывают на деревянную рамку размером 1×1,5 метра так, чтобы стопиновый шнур не налипал нитками одна на другую. Шнур должен быть без узлов, утолщений и утоньшений, без белых пятен на шнуре. Раму, заполненную стопиновым шнуром, отправляют на просушивание, сушат не менее 24 часов при температуре 25–30°C.

Испытание, упаковка и маркировка готового стопинового шнуря

Из каждой партии (1000 м) изготовленного шнуря опробывается на скорость горения в открытом виде и в бумажной трубке 10 метров готового, просохшего стопинового шнуря. Шнур должен гореть ровно по всей длине в открытом виде и толчками, прерывисто — в бумажной трубке. Если стопиновый шнур в бумажной трубке завязать узлом и затянуть этот узел, то при горении шнуря в этом месте должен быть взрыв. После взрыва шнур должен догореть до конца. Если горение после взрыва прекратилось — шнур слишком активен. Надо учесть это при изготовлении следующих партий стопинового шнуря из тех же компонентов. Упаковывают стопиновый шнур в бумагу по 50 и 100 нитей. Хранится он в сухом, отапливаемом помещении. На упаковку наклеить этикетку с назначением, датой изготовления, количеством метров и

фамилией пиротехника, ответственного за изготовление данной партии стопинового шнуря.

Меры безопасности при изготовлении, хранении и транспортировке

Все работы по измельчению, просеиванию и смешиванию химикатов-компонентов производить, соблюдая противопожарную безопасность. Надо помнить, что высокий состав и, следовательно, стопиновый шнур, является порохом.

Работу по стопинированию (нанесение пороховой мякоти, массы) проводят в резиновых перчатках.

Рамки, на которые наматывается шнур, не должны иметь металлических гвоздей, шурупов. Перед наматыванием стопинового сырого шнуря рамы осматриваются и проверяются на чистоту, исправность.

После работы, связанный со стопинированием, необходимо тщательно вымыть посуду, инструмент и влажной тряпкой удалить брызги и капли стопиновой пороховой массы с пола и стен помещения, в котором проводилась работа.

Стопиновый шнур хранят и перевозят в соответствии с правилами хранения и перевозки пиротехнических материалов и взрывчатых веществ.

Изготовление казеинового клеевого раствора

Клей из казеина применяется в большинстве из всех работ по прокатке гильз на станках и ручным способом. В нашем цехе клей из казеина готовится в больших количествах. Для его смешивания, приготовления изготовлен специальный смеситель

Вспомогательные пиротехнические средства

емкостью 25 литров. Но такой смеситель сделан с запасом. Обычно готовим клей по такому рецепту.

Влить в смеситель 11 литров воды, подогретой до 45–50°C.

Взвесить на торговых весах 1,7 кг пищевого или технического казеина и ввести его в смеситель.

Взвесить 170 г 25-процентной аммиачной воды и ввести ее в смеситель.

Включить мотор смесителя и смешивать в течение 2,5–3 часов. После этого зерна казеина должны раствориться, их не должно быть в kleевой массе.

Взвесить (или отмерить мерной мензуркой) 70 г скапидара и ввести его в смеситель.

Взвесить (или отмерить мензуркой) 70 г глицерина и ввести его в kleевую массу. После этого продолжить смешивание еще 25–35 минут. Когда масса клея будет однородной, без комков и зерен — слить через пробковый кран в емкость. При смешивании образуется довольно много пены, поэтому в одно ведро весь клей не войдет. Пене надо дать отстояться, перемешать в ведре деревянной мешалкой, подавляя пену. После смешивания (минут 15–25) клей готов к употреблению. Надо помнить, что казеиновый клей относится к животным kleям, и в нем существуют бактерии. В летнее время уже на второй-третий день клей начинает издавать неприятный запах, поэтому его надо держать в прохладном месте (но не с минусовой температурой), а приготавливать клей — по потребности: уменьшить количество всех компонентов пропорционально и изготовить.

Меры безопасности при изготовлении казеинового клея

Все компоненты вводить в смеситель только при выключенном электродвигателе.

При работе с аммиачной водой (раствор NH_4 в воде 25%, то есть 1 часть аммиака + 3 весовых части воды) соблюдать осторожность, избегать вдыхания ее паров, беречь зрение: хорошо иметь очки-«консервы» (герметичные) для работы с аммиачной водой.

Работу по смешиванию и приготовлению казеинового клея надо проводить в проветриваемом помещении или под навесом на воздухе.

Технология изготовления «швермеров»

«Швермерами» называют небольшие пиротехнические изделия, которыми снаряжают «Бураки». Несколько «бураков», снаряженных швермерами, в ночном небе дают хороший эффект: сначала это спонтанно летающие предметы с большим выделением искр, а затем — взрывающиеся с громким хлопком и яркой вспышкой.

Устройство

Швермеры представляют собой бумажные патроны длиной 10–12 см с внутренним диаметром 12 мм, начиненные пиротехническим составом, который создает звуковой и зрительный эффекты. Воспламенение отрезков стопинового шнуря, которые являются замедлителями, происходит от вышибного заряда; в воздухе они передают импульс огня пиротехническому составу, находящемуся внутри патрона.

Вспомогательные пиротехнические средства

Основные характеристики

Вес изделия — 50–60 граммов.

Время горения в воздухе — 3–4 секунды.

Срок хранения (в «Бураках») — 2 года.

Материалы для изготовления швермеров

Бумажные гильзы.

Пороховая мякоть.

Уголь древесный (или мелкие гранулы бриллиантового огня).

Порох дымный.

Отрезки стопинового шнуря.

Прочные нитки.

Шамотная глина сухая — сито № 25.

Инструмент: набойник, небольшая киянка, мерные совочки.

Рецепт изделия

Пороховая мякоть — 100 весовых частей.

Уголь древесный (или «крупка» — гранула бриллиантового огня) — 5 весовых частей.

Количество одновременного приготовления состава — не более 525 граммов.

Весы — лабораторные. Уголь калиброванный — он должен проходить через сито № 25 и не должен проходить через сито № 43.

Смешивание состава происходит в прочном полизиленовом мешочке в течение 10–12 минут. Состав образует много пыли, поэтому работать надо в респираторе, в перчатках.

Запрессовка и отделка швермеров

В бумажную гильзу помещают порцию негорючей глины и запрессовывают ее ударами молотка по набойнику. Запрессованный столбик глины

должен быть по высоте равен калибру гильзы, то есть 12 мм. Вынуть набойник и высыпать незапрессованную глину, поместить порцию основного состава, запрессовать ее двумя-тремя ударами. Затем в середину изделия помещают порцию (5 г) пороха и запрессовывают 1–2 ударами киянки по набойнику. Затем — порцию искрящего состава, снова запрессовка, а последней — негорючая глина (пробка). Отрезки стопинового шнура длиной 6–7 см вставляются в отверстия гильз при их набивке. Эти отверстия в гильзах проделываются до набивки их составом. Диаметр отверстий равен 6 мм. Первый отрезок стопина вставляют перед первой порцией искристого состава; второй — после последней порции и перед забивкой глиной. Надо строго следить, чтобы стопиновый шнур, помещенный в отверстие гильзы, не касался шамотной глины, чтобы он помещался только в искристый пиротехнический состав. Отверстия в гильзах сверлятся в противоположных направлениях в стенках гильзы, а при горении создают вращательное движение газы, выходящие из этих отверстий и искры, не сгоревшие частицы состава. Отрезки стопинового шнура, концы которых впрессованы в швермер, соединяют и привязывают в середине швермера прочной ниткой. Готовых изделий на рабочем столе не должно быть более 14 штук. Готовые швермеры передаются в помещение для снаряжения «Бураков».

Требования техники безопасности

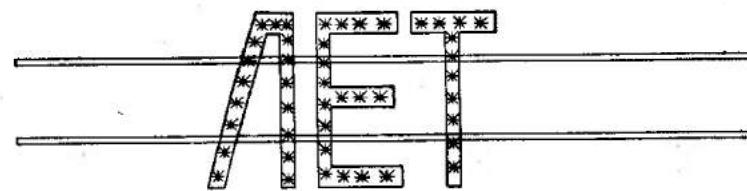
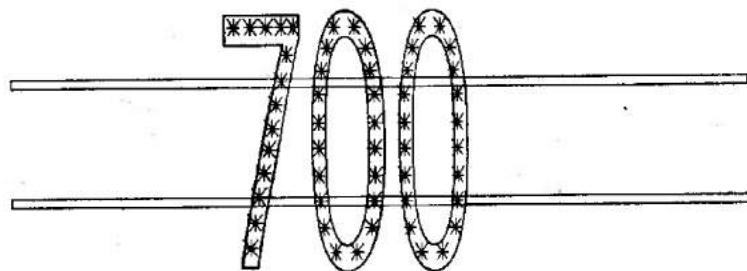
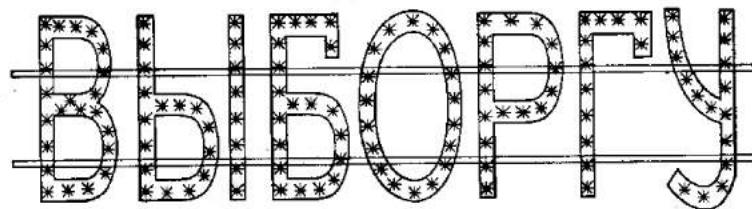
Все компоненты и химикаты должны быть сухими и отвечать технологическим требованиям. Работа по смешиванию состава, его подготовке и

Вспомогательные пиротехнические средства

запрессовке должна проходить в перчатках и респираторе или марлевой повязке в 8–10 слоев.

На рабочем месте не должно быть смешанного состава более 525 граммов, а готовых изделий 14 штук, отрезков стопинового шнура 35 штук.

Соблюдать пожарную безопасность: посторонних предметов на столе, подоконниках не должно быть. Их наличие создаст лишнюю работу при уборке, так как придется каждый предмет вымыть или вытереть влажной тряпкой.

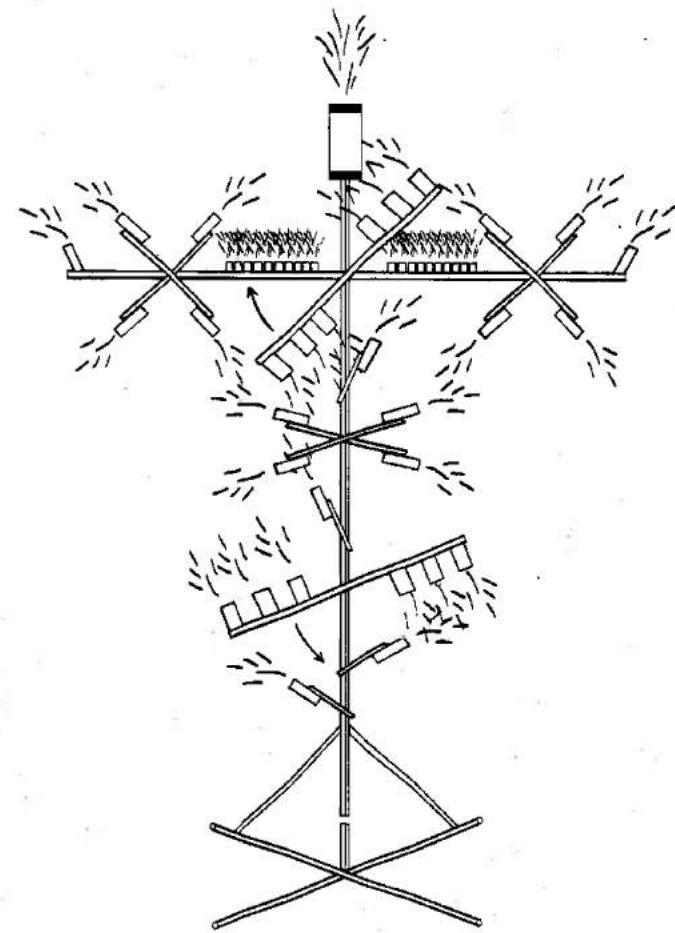


Материалы

Фигурные свечи:

- красные — 52 шт. (700)
- желтые — 126 шт. [Выборг]
- зеленые — 45 шт. [лет]

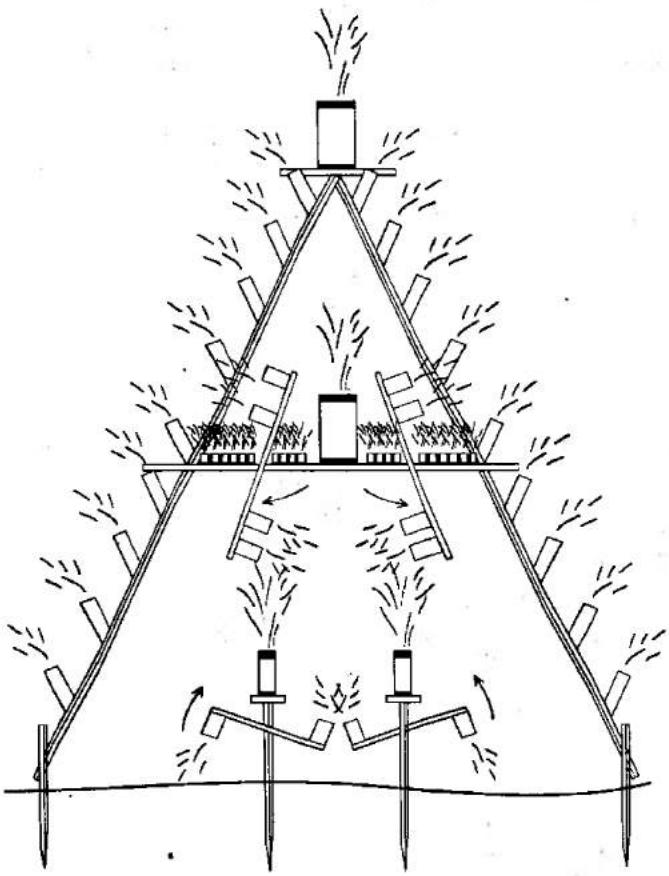
Количество фигурных свечей, а также длина нити стопина, необходимая для поджига, зависят от размера букв. Буквы из своего материала изготавливает заказчик прямо на месте.



«Большой крест»

Материалы

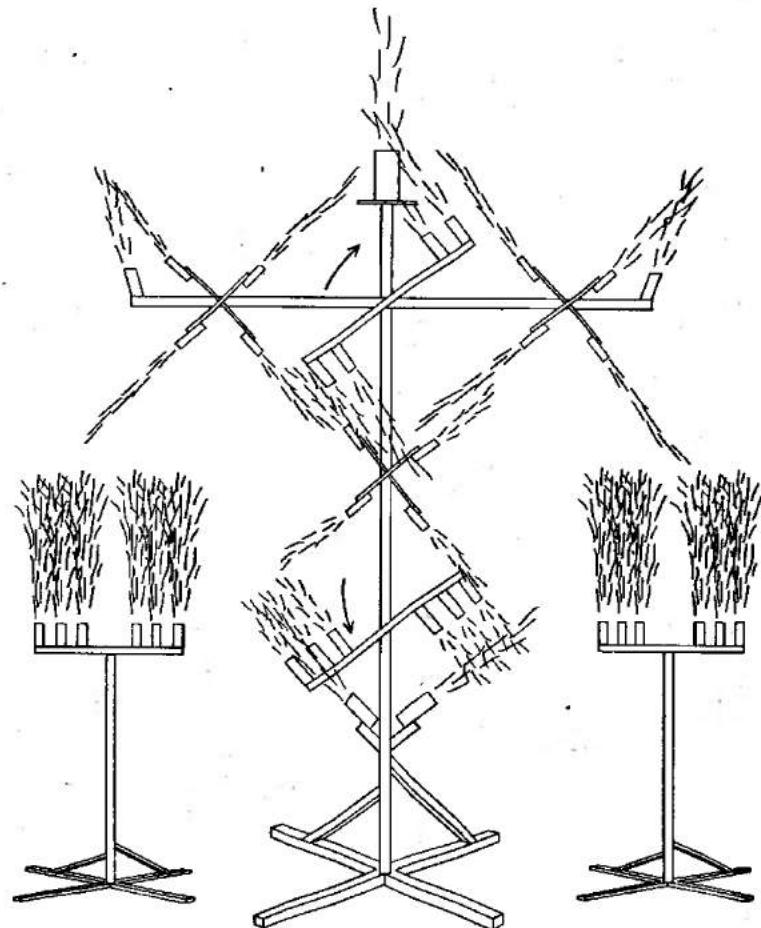
- Фонтаны 45 мм — 18 шт.
- Колеса цветные — 2 шт.
- Фонтан 85 мм — 1 шт.
- Бурачки с цветными звездами — 20 шт.
- Нить стопина в трубке — 11 м
- Бруск-стойка 5 м x 4 см x 4 см — 1 шт.
- Рейка 2 м x 3 см x 3 см — 1 шт.
- Крестовиноподставка — 1 шт.



«Шатер»

Материалы

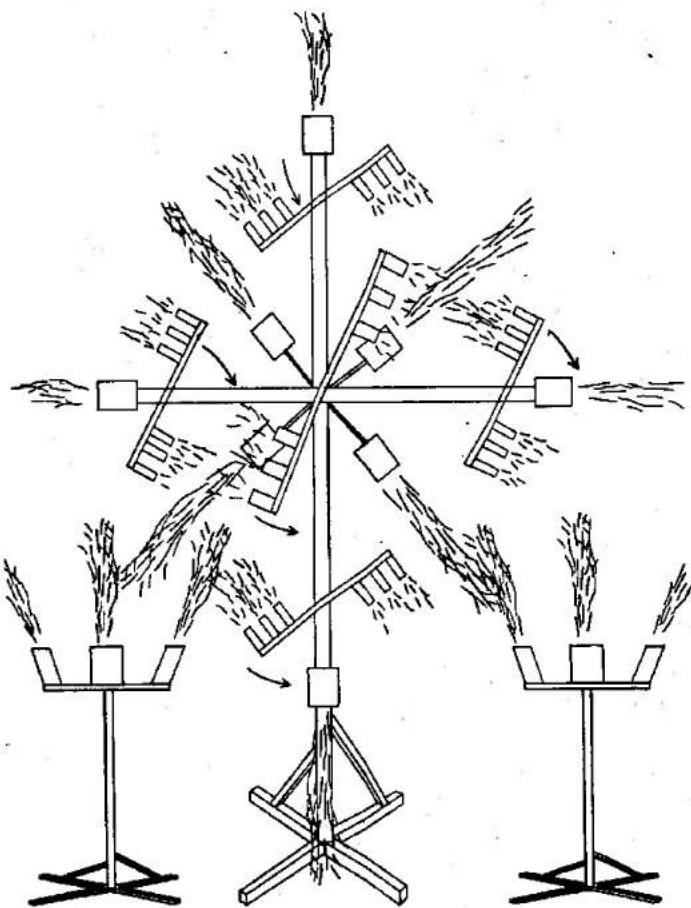
1. Фонтаны 45 мм — 20 шт.
 2. Фонтаны 85 мм — 2 шт.
 3. Колеса цветные — 4 шт.
 4. Бурачки с цветной искрой — 20 шт.
 5. Нить столина — 17 м
 6. Бруски 6 м x 4 см x 4 см — 2 шт.
 7. Бруск-середина 3 м x 4 см x 4 см — 1 шт.
 8. Рейки 3 см x 2 см x 150 см — 2 шт.
 9. Замедлитель — 150 см.
- Крепление к земле на колышах.



«Церковная тема №1»
(три фигуры одновременно)

Материалы

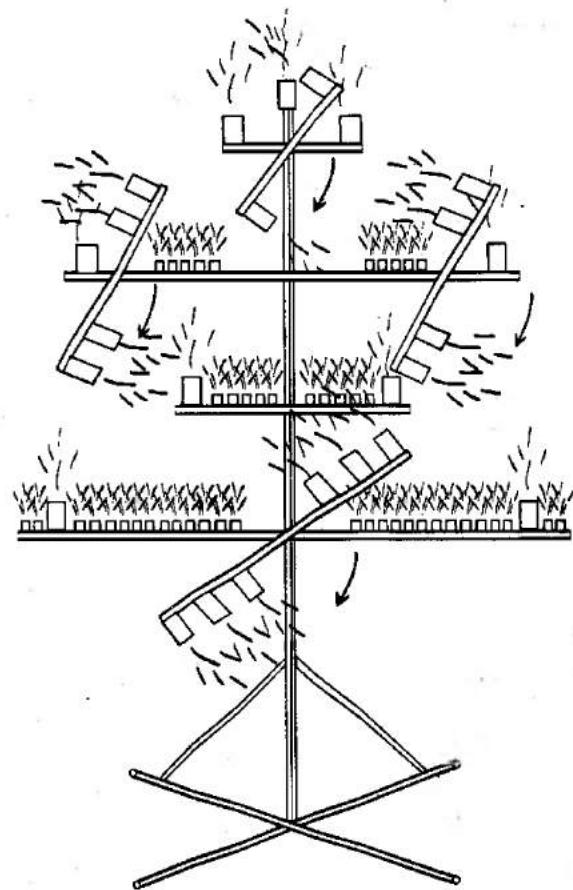
1. Фонтаны 45 мм — 28 шт.
2. Колеса цветные — 2 шт.
3. Фонтан 85 мм — 1 шт.
4. Нить столина — 12 м
5. Бруск-стойка — 1 шт.
6. Рейки 3 x 3 см — 10 м
7. Крестовинноподставка — 3 шт.



«Церковная тема №2»
(три фигуры одновременно)

Материалы

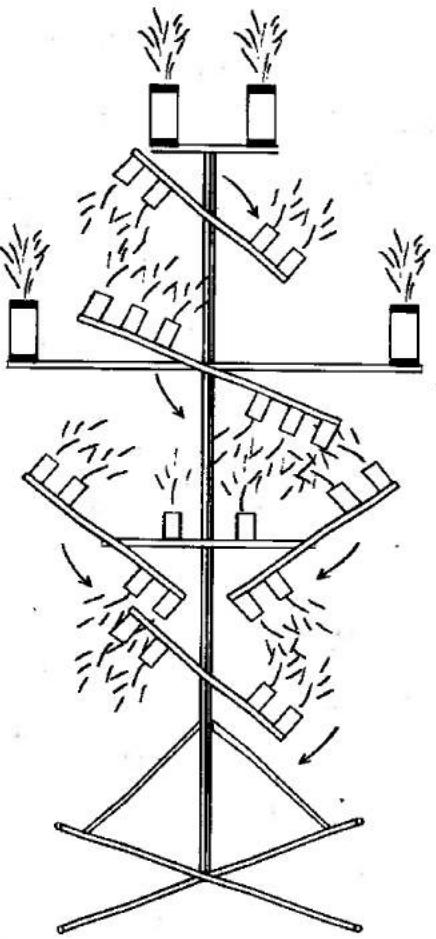
1. Фонтан 85 мм — 2 шт.
2. Фонтаны 45 мм — 12 шт.
3. Колеса цветные — 5 шт.
4. Нить стопина — 8 м
5. Бруск-стойка 3 м — 1 шт.
6. Рейки 3 × 3 см — 12 м
7. Крестовина-подставка — 3 шт.



«Каприз» №1

Материалы

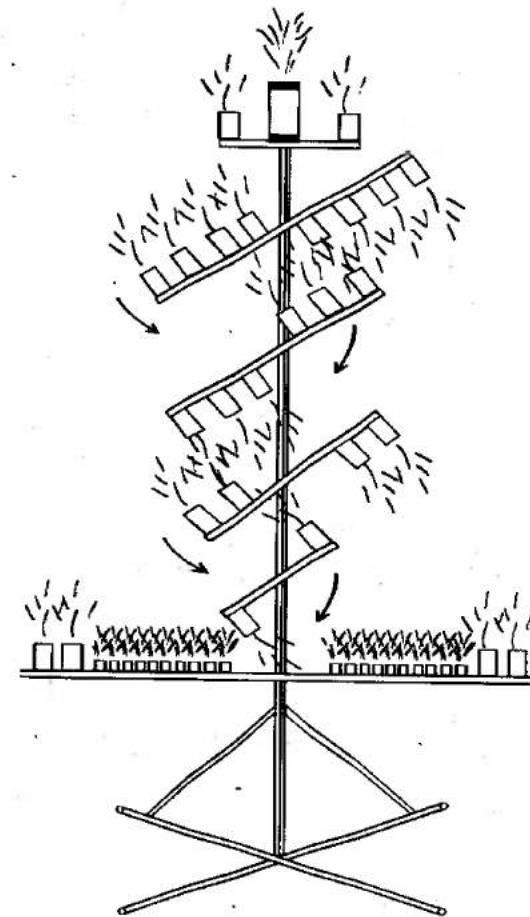
1. Колеса цветные разные — 4 шт.
2. Фонтаны 45 мм — 9 шт.
3. Бурачки с цветными звездами — 48 шт. (4 сборки)
4. Нить стопина в трубке — 6,5 м
5. Бруск-стойка 3 м × 3 см × 3 см — 1 шт.
6. Рейки 2 × 3 см — 4,5 м
7. Замедлитель — 1,6 м
8. Крестовина-подставка — 1 шт.



«Каприз» N2

Материалы

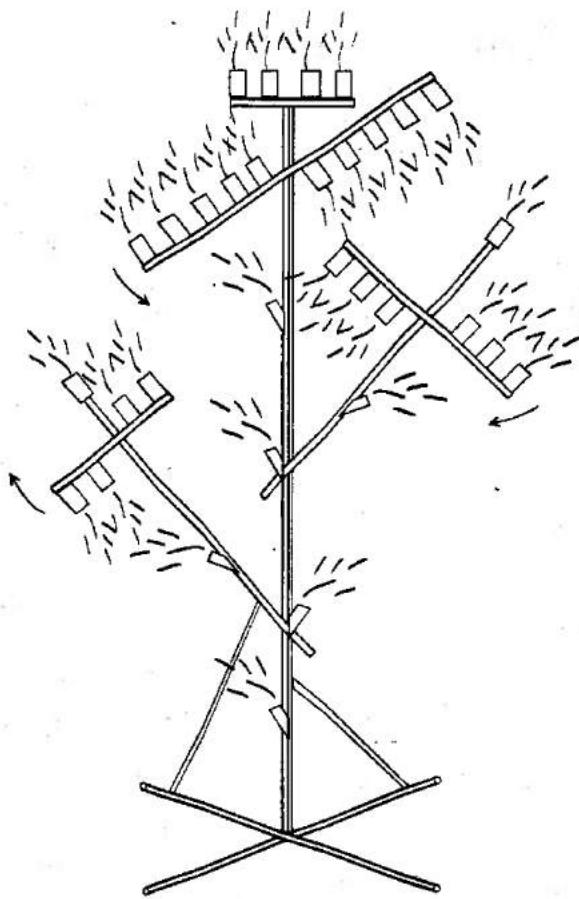
1. Колеса цветные — 5 шт.
2. Фонтаны 85 мм — 4 шт.
3. Фонтаны 45 мм — 2 шт.
4. Нить столина — 8 м
5. Бруск-стойка 4 м — 1 шт.
6. Рейки 3 × 3 см — 7 м (погонных)
7. Крестовина-подставка — 1 шт.



«Каприз» N3

Материалы

1. Фонтаны 45 мм — 6 шт.
2. Фонтан 85 мм — 1 шт.
3. Колеса цветные — 4 шт.
4. Бурочки — 20 шт.
5. Нить столина — 12 м
6. Бруск-стойка — 4 м
7. Крестовина-подставка — 1 шт.
8. Рейки 3 × 3 см — 6 м (погонных)

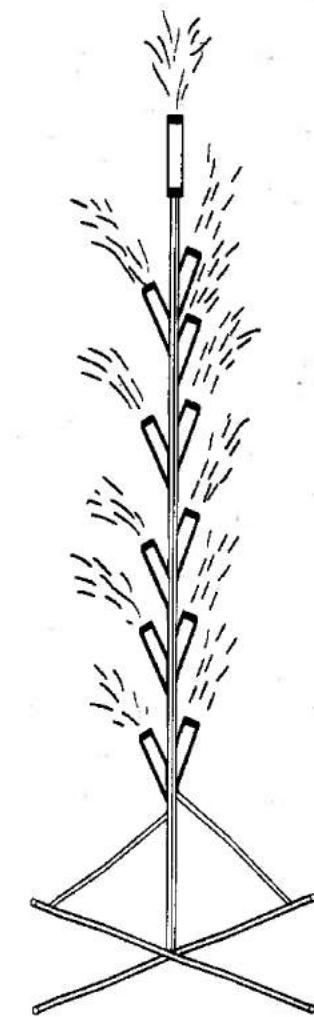


«Розочка»

На восьмое марта изготавливать обязательно!

Материалы

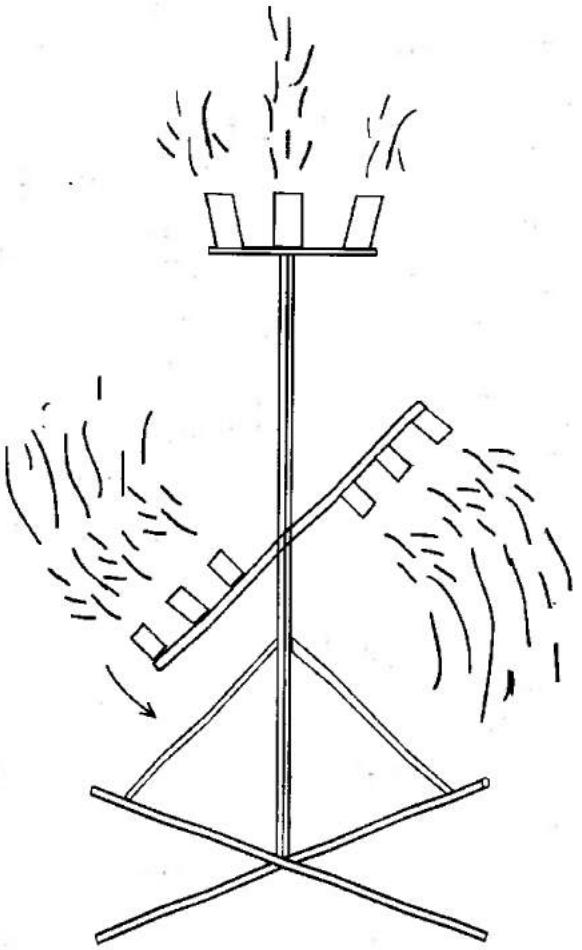
1. Колеса цветные красные (большое и среднее) — 2 шт.
2. Колесо цветное зеленое (малое) — 1 шт.
3. Форсы (листья) зеленые — 8 шт.
4. Форсы (верхушка) красные — 4 шт.
5. Нить столина — 8 м
6. Бруск-стойка 4 м — 1 шт.
7. Рейки 3 x 3 см — 6 м
8. Крестовина-подставка — 1 шт.



«Колос»

Материалы

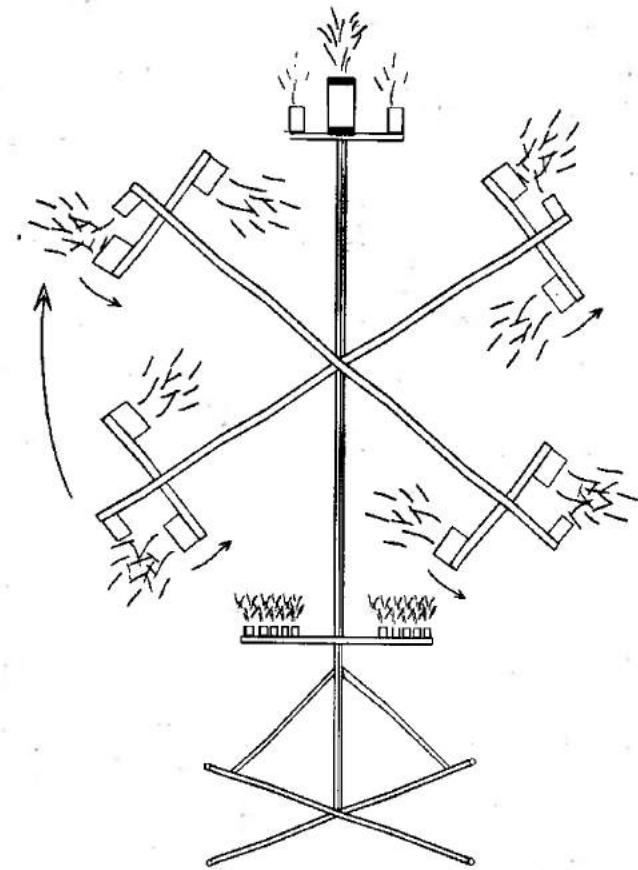
1. Фонтаны (искристые или 25 мм) — не менее 12 шт.
2. Нить столина в трубке — не менее 10 м
3. Бруск деревянный 3 x 3 см — не менее 3 м
4. Крестовина-подставка — 1 шт.



«Лопа»

Материалы

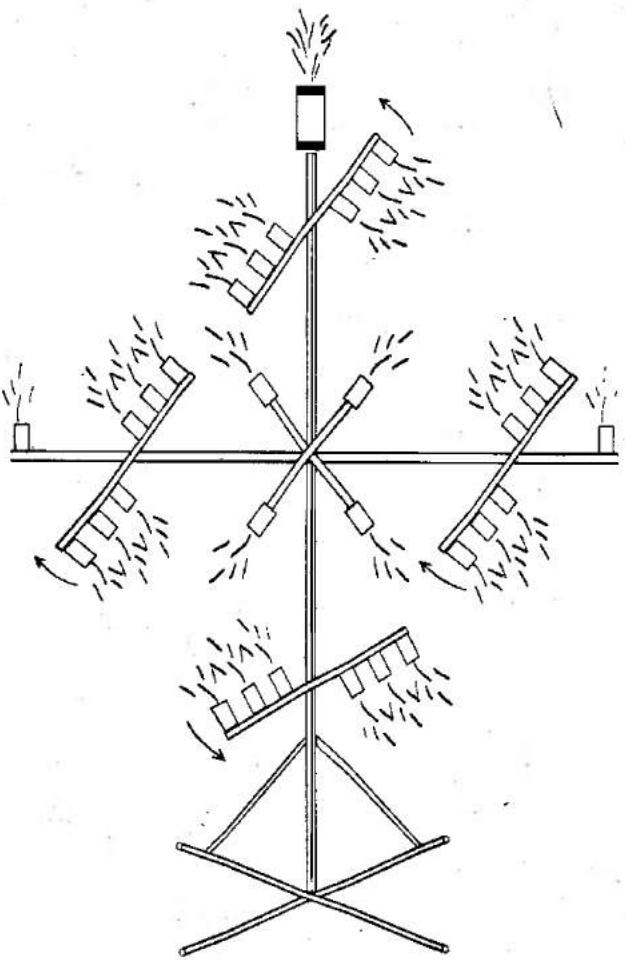
1. Фонтаны 25 мм — 3 шт.
2. Колесо цветное — 1 шт.
3. Нить стопина в трубке — 4,5 м
4. Бруск-стойка 1,75 м — 1шт.
5. Крестовина-подставка — 1 шт.



«Колесо Раковое»

Материалы

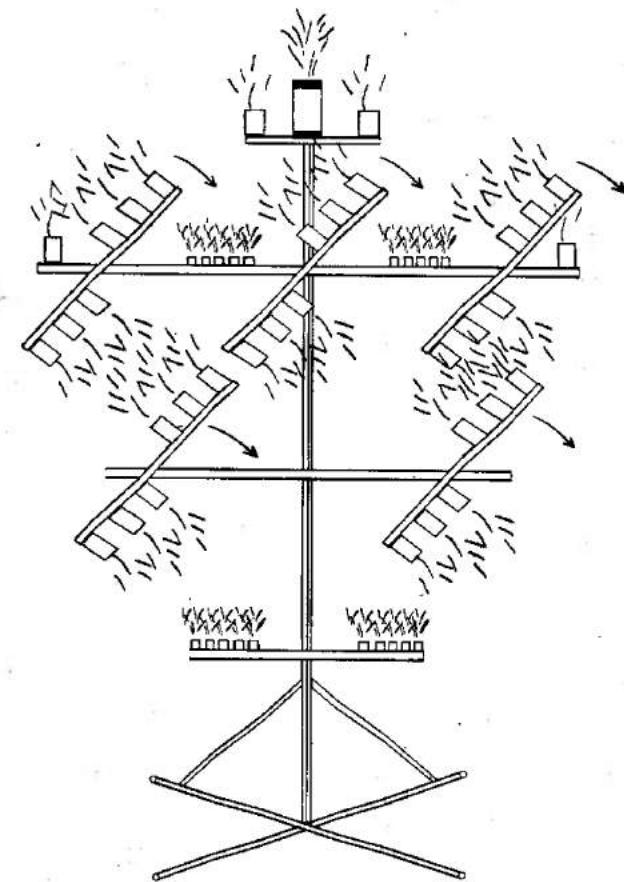
1. Фонтаны 85 мм — 1 шт.
2. Фонтаны 45 мм — 2 шт.
3. Колеса китайские или цветные — 4 шт.
4. Гонки из разгонного состава — 4 шт.
5. Бурачки с цветными звездами — 10 шт.
6. Бруск-стойка 3 м x 4 см x 4 см — 1шт.
7. Рейки деревянные 3 см x 3 см x 120 см — 2шт.
8. Нить стопина в трубке — 10 м
9. Крестовина-подставка — 1 шт.



«Крест»

Материалы

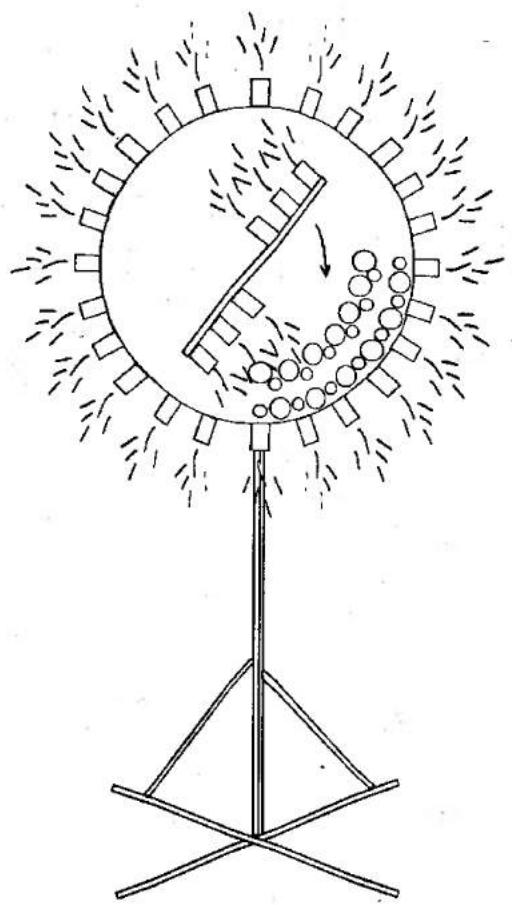
1. Колеса с цветными звездами — 4 шт.
2. Фонтаны 45 мм — 6 шт.
3. Фонтан 85 мм — 1 шт.
4. Нить стопина в трубке — 8 м
5. Бруск-стойка 3 м x 3 см x 3 см — 1шт.
6. Крестовина-подставка — 1 шт.



«Олимпийская символика»

Материалы

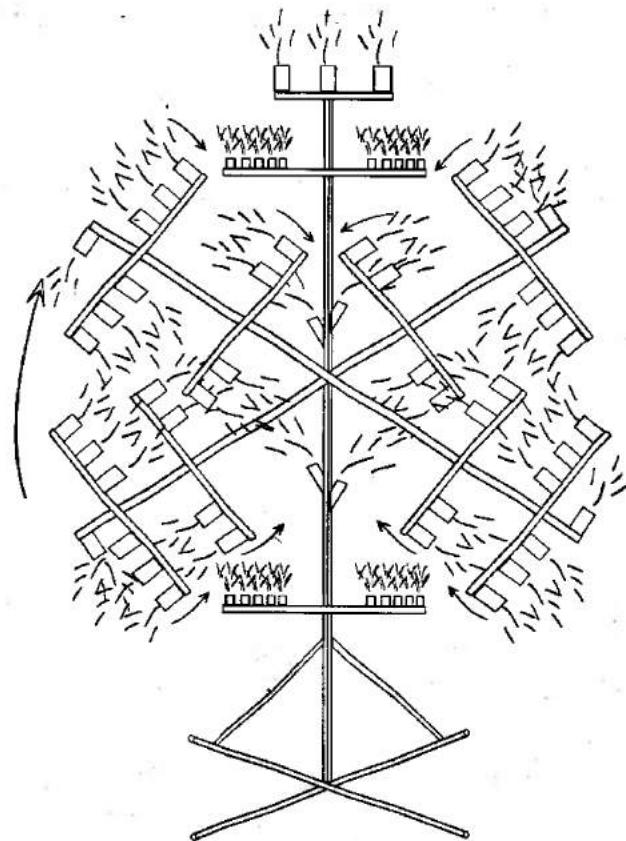
1. Колеса цветные — 5 шт.
2. Фонтан 85 мм — 1 шт.
3. Фонтан 45 мм — 4 шт.
4. Бурачки с цветными звездами — 20 шт.
5. Нить стопина в трубке — 8-10 м
6. Бруск-стойка 3,5 м x 4 см x 4 см — 1шт.
7. Крестовина-подставка — 1 шт.
8. Рейки 2 x 3 см — 3 м
9. «Замедлитель» — 1 м



«Солнце»

Материалы

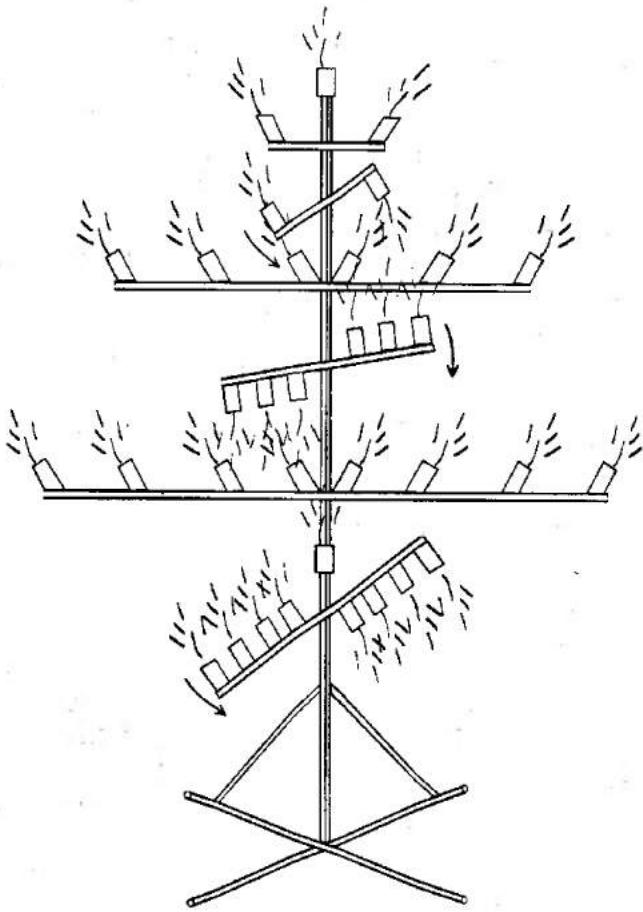
1. Фонтан 45 мм — 24 шт.
2. Свечи фигурные оранжевые (изображен фрагмент) — 24 шт.
3. Свечи фигурные красные (изображен фрагмент) — 24 шт.
4. Бурачки с цветными звездами (изображен фрагмент) — 48 шт.
5. Колесо цветное красное — 1 шт.
6. Бруск-стойка 5 м — 1 шт.
7. Круг из фанеры диаметром 70-80 см — 1 шт.
8. Крестовина-подставка — 1 шт.
9. Нить стопина в трубке — 12 м



«Большое Раковое колесо»

Материалы

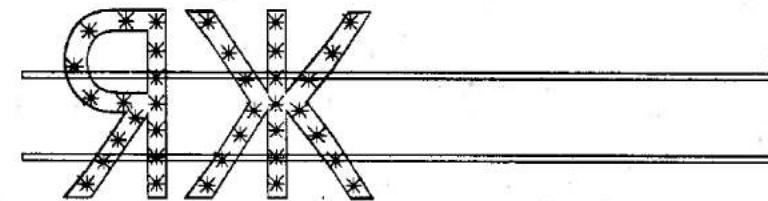
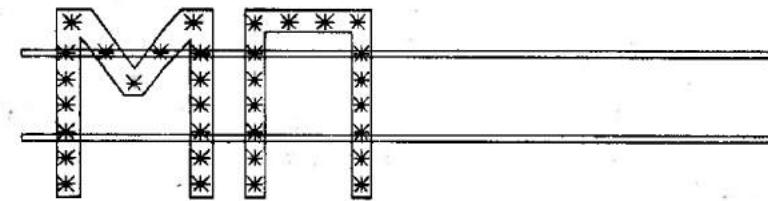
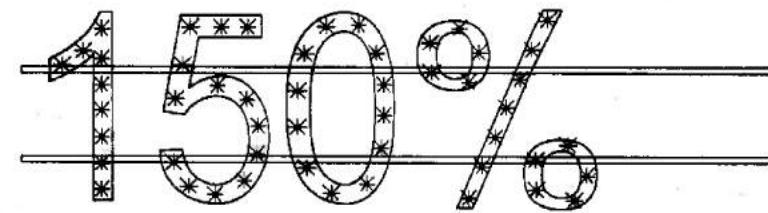
1. Колеса цветные разные — 8 шт.
2. Фонтан 45 мм — 3 и более шт.
3. Свечи фигурные (3 цвета) — 4 и более шт.
4. Бурачки с цветными звездочками — 20 шт.
5. Нить стопина в трубке — 15 м
6. Замедлитель — 2,5 м
7. Бруск 3,5 м x 5 см x 4 см — 1 шт.
8. Рейки 2 x 3 см — 6 м
9. Крестовина-подставка — 1 шт.
10. Гвозди разные — 0,5 кг
11. Гонки из разгонного состава — 4 шт.



«Пальма»

Материалы

1. Фонтан 45 мм — 18 шт.
2. Колеса цветные разные — 3 шт.
3. Нить стопина в трубке — 12 м
4. Бруск-стойки 3,8 м x 4 см x 4 см — 1 шт.
5. Рейки 3 см x 2 см — 5 м (погонных)
6. Крестовина-подставка — 1 шт.



При оформлении надписей, цифр надо руководствоваться тем, что новые, большие фигурные свечи ставят одну от другой на расстоянии 20–30 см; старые, небольшие фигурные свечи ставят на расстоянии вдвое короче — 10–15 см. Количество фарсов можно подсчитать, зная высоту и ширину надписей в каждом конкретном случае.

Показанные в данной книге фигуры являются лишь рекомендательными и их список далеко не полон. Каждый пиротехник обязан фантазировать и вносить в любой фейерверк новые детали и новое исполнение.

Содержание

Часть первая

Об авторе	3
Исторический очерк	5
Элементарные понятия и термины пиротехники	22
Некоторые пиротехнические определения	29
Физико-химические свойства пиротехнических составов	31
Краткая характеристика некоторых воспламенительных средств	36
Окислители. Технические требования к окислителям	39
Горючие. Основные требования.....	45
Цементаторы. Их роль и значение в смесях	56
Катализаторы	70
Пламягасители.....	73
Двухкомпонентные смеси и их значение при построении пиротехнических рецептов и изделий из них	74
О составах цветных огней в пиротехнических изделиях со многими необходимыми компонентами. Их характеристики. Составы цветных пиротехнических изделий.	
Требования техники безопасности при их изготовлении и использовании	78

О составах белого огня.

Подбор химикатов для изделий.	
Требования техники безопасности при изготовлении смесей белого огня и при их применении	89
Сложные смеси	92
Дымообразующие химикаты и их смеси	96
Разработка рецептов пиротехнических изделий, выделяющих черный дым	106
Получение дымов других цветов при прямой реакции	110
Газообразующие пиротехнические смеси. Требования, предъявляемые к таким смесям.	
Некоторые рецепты таких смесей	113
Воспламенительные составы, изделия и их элементы. Назначение воспламенительных составов в пиротехнике и требования предъявляемые к ним	118
Замедлители и их назначение. Некоторые рецепты замедлителей, изготавливаемых промышленностью, и возможности их изготовления в мастерских	126
Чувствительность. Химическая и физическая стойкость пиротехнических составов	129
Классификация пиротехнических средств, применяемых на фейерверках и при киносъемках	135
Дымовые пиротехнические средства	136

Осветительные и сигнальные средства	138
Имитационные пиротехнические средства	139
Фейерверочные изделия	141
Вспомогательные пиротехнические средства и материалы	142
Общие вопросы	143
Приложение	149
Часть вторая	
Работа в условиях мастерской.	
Изготовление пиротехнической продукции	152
Общие вопросы техники безопасности	153
Технология изготовления больших шашек черного дыма	157
Технология изготовления малых шашек черного дыма	162
Технология изготовления малых пиротехнических шашек белого дыма — МПШ-5 и МПШ-6.	
Изготовление корпусов, приготовление состава.	
Особенности рецептов основного и воспламенительного составов.	
Меры безопасности при их изготовлении	165
Технология изготовления шашек цветного дыма.	
Основные характеристики, рецепты, значение химикатов, инструменты и меры безопасности при их изготовлении	170
Технология получения вспышек цветного дыма, кратковременного и интенсивного эффектов	175
Изготовление пиротехнических вспышек малого размера	177
Технология изготовления факелов красного цвета для натурных съемок	182

Краткое изложение технологии изготовления осветительных факелов белого огня	186
Технология изготовления фальшфейеров	189
Технологический процесс при изготовлении сложного изделия	
«Парашютный осветительный факел»	193
Изготовление «фотовспышек»	201
Имитационные пиротехнические средства	202
Технология изготовления имитатора взрыва	203
Технология изготовления 105 мм зенитного снаряда — с черным дымом	214
Технология изготовления гранул «бриллиантового огня», применяемых в различных пиротехнических изделиях и эффектах	223
Изготовление искристых вспышек с большим количеством искр	227
Изготовление искусственных облаков	229
Технология изготовления искусственных облаков высотного действия	232
Фейерверочные пиротехнические средства	239
Технология изготовления фейерверочного изделия «Люсткугель»	240
Технология изготовления фейерверочного изделия «Бурак»	247
Технология изготовления звездок для «Люсткугелей» и «Бураков»	251
Технология изготовления «китайских колес» различных цветов	255

Технология изготовления мощного фейерверочного искристого фонтана	261
Изготовление «искристых» фонтанов для имитации искр, образующихся при обработке и плавке металлов	268
Изготовление бенгальских огней	272
Изготовление хлопушек	279
Вспомогательные пиротехнические средства	282