

И. Быстров

Краткий курс пиротехнии

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62-63
ББК 30.6
И11

И11 **И. Быстров**
Краткий курс пиротехнии / И. Быстров – М.: Книга по Требованию, 2013. – 221 с.

ISBN 978-5-458-42131-7

Книга содержит основные сведения о пиротехнических составах, применяемых в военном деле (осветительные, сигнальные, трассирующие, зажигательные и др.), теоретическое обоснование принципов рационального образования рецептур пиротехнических составов, методы испытания пиротехнических составов, а также сведения о технологии их изготовления. Книга предназначена в качестве учебного пособия для слушателей военных академий, студентов вузов и втузов оборонной промышленности и для инженерно-технического персонала пиротехнических заводов.

ISBN 978-5-458-42131-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

уголь. Эней (360 лет до нашей эры) при описании древнего фейерверочного искусства указывает на применение в качестве средства нападения и защиты зажигательного состава из смолы, серы, пакли, ладона и сосновых стружек. Позднее в качестве зажигательных веществ употребляли паклю, смолу, серу, битум и нефть.

От китайцев и индусов сведения о пиротехнических составах были позаимствованы арабами и греками. В VII в. Каллиникос предложил так называемый «греческий огонь». Составом этого «огня» наполняли трубки или горшки, которые бросали на деревянные башни и корабли неприятеля и зажигали их.

«Греческий огонь» имел несколько рецептов. Есть указания, что он состоял из серы, соли, смолы, асфальта и негашеной извести. Другие источники отмечают наличие в составе «греческого огня» нефти, смолы, керосина, дегтя, масла и других веществ. Недостаток всех этих составов заключался в том, что они не содержали окислителя.

В рукописи Марка Грека (Византия), написанной в XII в., приводится следующий рецепт метательного состава «греческого огня»: 77% калиевой селитры, 7,7% серы и 15,3% угля. Данный рецепт, как видно, близко подходит к составу обыкновенного дымного пороха. По всей вероятности черный порох, открытый в XIII в., постепенно развился из «греческого огня».

В дальнейшем черный порох был основой многочисленных фейерверочных составов. Смесь черного пороха с керосином в равных количествах применялась в качестве зажигательного вещества (XV в.).

Пиротехнические составы в те времена применялись не только для военных надобностей, но и для устройства фейерверков. Последние в Европе применялись в XIV в., например, в Италии, куда пиротехническое искусство перешло из Азии. К XVIII в. появилось большое разнообразие фейерверочных изделий; применялись бенгальские огни, ракеты, бураки и другие фигуры. В России фейерверки стали применяться в XVII в.

Большую роль в развитии пиротехники, в частности, в улучшении сигнальных составов, сыграло открытие бертолетовой соли в конце XVIII в. К этому же времени относятся и попытки рационального составления рецептов пиротехнических составов.

Не останавливаясь на дальнейшем развитии фейерверочного искусства, которое безусловно находило широкое применение и в военной технике, отметим лишь, что начало развития военной пиротехники в современном понимании этого слова можно считать с периода империалистической войны 1914—1918 гг. Этот период характеризуется в области пиротехники мощным развитием производства и применения пиротехнических средств. К концу 1918 г. Германия ежемесячно вырабатывала 6 000 000 шт. одних только осветительных и сигнальных патронов¹. В Англии за время 1914—1918 гг. было изготовлено²:

¹ «Пиротехника», Сборн. перев. ст., 1933.

² H. R a k o w s k i, Журн. «Wiadomosci techniczne uzbrowienia», №24, 193

1) сигнальных патронов и ракет	100 388 000 шт.
2) фейерверков	850 т
3) зажигательных снарядов	4 514 000 шт.
4) дымовых шашек	8 293 000 »

Следует отметить для сравнения, что фугасных снарядов, бомб и мин за то же время было изготовлено в Англии 29 225 000.

Развитие пиротехники в послевоенный период шло в направлении:

- 1) детального изучения всех пиротехнических средств и конструирования новых объектов;
- 2) увеличения эффективности действия пиротехнических средств и их безопасности в обращении;
- 3) расширения сырьевой базы и суррогатирования пиротехнических составов;
- 4) изучения физико-химической стойкости пиротехнических составов и, наконец,
- 5) расширения теоретических основ пиротехники на базе законов общей химии, физики и физической химии.

§ 3. Классификация пиротехнических средств по их боевому применению

По принципу боевого применения пиротехнические средства подразделяются на следующие пять групп: 1) осветительные средства, 2) сигнальные средства, 3) трассирующие средства, 4) зажигательные средства, 5) имитационные средства.

Остановимся кратко на боевом применении каждого из этих средств в различных родах войск.

1. Осветительные средства появились в результате широкого развития тактики ночного боя, особенно в период империалистической войны 1914—1918 гг. При этом различают:

а) средства пехоты (патроны, ружейные гранаты, ракеты). Применяются они для освещения местности и целей, расположенных вблизи своих окопов (проволочные заграждения, неприятельские окопы и т. п.);

б) средства артиллерии (осветительные снаряды калибров 76, 107, 122 мм и др.). Предназначаются они, в общем, для освещения тыла противника. При атаке «после открытия огня противником можно освещать атакуемые районы прожекторами и артиллерийскими снарядами» (ПУ, 1936, § 267). При обороне «искусственное освещение ведется осветительными ракетами, осветительными снарядами и прожекторами» (ПУ, 1936, § 270);

в) средства авиации (подкрыльные факелы Хольда, осветительные бомбы, фотобомбы). Пиротехнические осветительные средства являются пока единственными средствами освещения самолетами наземных объектов во время ночных действий при воздушной разведке, бомбометании, вынужденных посадках самолета, а также при ночных аэрофотосъемках.

Кроме того, осветительные средства могут быть использованы при обнаружении воздушного противника для освещения его с целью

облегчения обстрела. В некоторых случаях осветительные средства также могут применяться в качестве сигналов ночью.

В части боевого применения осветительные средства должны удовлетворять следующим основным требованиям:

а) простота в обращении и кратковременность подготовки для приведения в действие;

б) внезапность действия и возможность соблюдения маскировки при выпуске осветительных объектов;

в) возможность переброски осветительного огня на значительные расстояния и

г) большая концентрация световой энергии в осветительном составе.

2. Сигнальные средства подразделяются на средства ночного (огни) и дневного (дымы) действия. Как те, так и другие подразделяются на:

а) средства пехоты (патроны, ружейные гранаты, ракеты, бураки);

б) средства артиллерии (сигнальные снаряды) и

в) средства авиации (патроны для пистолетов и специальные сигналы, выпускаемые без пистолетов).

Кроме того, сигнальные средства используются и другими родами войск.

Сигнальные средства применяются для связи различных родов войск и внутри отдельных подразделений. Они применяются для связи наземных войск и морского флота с авиацией, для связи пехоты с артиллерией, танками и т. д. Так, например, «Вызов и перенос огня артиллерии в ночном бою производится преимущественно при помощи цветных ракет». «Артиллерия днем подготавливает все данные для открытия огня. Огонь по наступающему противнику открывается по сигналам (цветными ракетами), устанавливаемым командиром дивизии и подаваемым со стороны участка, на который ведется наступление» (ПУ, 1936, § 267, 270). Кроме того, при наступлении, с помощью сигнальных средств можно обозначать рубеж, достигнутый передовыми частями.

Пиротехнические сигналы имеют распространение и в гражданской службе (судоходство, железнодорожный транспорт).

Отличительной чертой пиротехнических сигналов от других видов связи (телефон, телеграф) является то, что они воспринимаются не только отдельными лицами, но и группами лиц или целыми войсковыми соединениями, что особенно важно для ПВО и ПХО.

Видимость и различимость сигналов ночного действия в два-три раза лучше видимости и различимости дневных дымовых сигналов.

3. Трассирующие средства подразделяются на:

а) средства пехоты (трассирующие, бронебойно-трассирующие, бронебойно-зажигательно-трассирующие или пристрелочные пули) и

б) средства артиллерии (трассирующие, осколочно-трассирующие или бронебойно-трассирующие снаряды).

Впервые трассирующие средства были использованы против самолетов, почему и принято считать, что начало развития трассирующих средств совпадает с периодом развития военной авиации. Зародившись как средства, облегчающие пристрелку пехоты по самолетам, они затем нашли себе применение и в артиллерии для повышения действительности огня как по движущимся целям, так и по неподвижным. Кроме корректирования стрельбы трассирующие средства применяются также для исследования траектории путем непосредственного фотографирования ее. В некоторых случаях они могут быть использованы как сигнальные средства.

Основной недостаток трассирующих средств заключается в том, что траектория их полета вследствие выгорания состава не совпадает с траекторией полета соответствующих боеприпасов (особенно пули и артиллерийских снарядов малого калибра).

4. Зажигательные средства подразделяются на:

- а) средства пехоты (пули, гранаты, огнеметы);
- б) средства артиллерии (снаряды термитные, фосфорные и др.);
- в) средства авиации (бомбы — термитные, электронные, фосфорные, с применением органических веществ, комбинированные, например, термит с отвержденным горючим, и осколочно-зажигательные).

Зажигательные пули применяются для вызова пожара на самолете или на дирижабле, а гранаты — для порчи металлических сооружений. Зажигательные снаряды и авиабомбы применяются для разрушения сооружений противника огнем. Поражаемыми объектами являются: постройки городов и деревень, промышленные предприятия, склады боеприпасов, леса и т. д. Зажигательные средства применяются и против подвижных целей, например, для стрельбы по кораблям, танкам и самолетам, а также против живой силы противника.

Таким образом зажигательные средства являются одним из могучих боевых средств как для поражения противника на фронте, так и для расстройств его тыла.

5. Имитационные средства бывают весьма разнообразные. Например, ружейные гранаты применяются для имитации разрыва шрапнели и фугасных снарядов, а учебные авиабомбы — для обучения летчиков бомбометанию. Также применяются средства имитации действия отравляющих веществ, имитационные противотанковые мины, средства, имитирующие оружейный и орудийный выстрелы, и т. д. Все эти изделия применяются в мирное время для обучения бойцов и для оживления маневров. Однако не исключается возможность использования имитационных средств и в военное время.

§ 4. Классификация пиротехнических составов по характеру действия

По характеру действия и даваемому эффекту пиротехнические составы можно подразделить на следующие восемь групп: 1) осветительные составы, 2) составы сигнальных огней, 3) трассирующие

составы, 4) зажигательные составы, 5) дымовые составы, 6) реактивные составы, 7) имитационные составы и, наконец, 8) воспламенительные составы.

Приведем в качестве примеров некоторые рецепты перечисленных составов и остановимся вкратце на характере их действия.

1. Осветительные составы, предназначенные для освещения в ночное время, могут, например, содержать следующие компоненты¹:

нитрата бария	60%
алюминия (пудры)	25%
серы	15%

2. Составы сигнальных огней служат для целей сигнализации в ночное время. Состав зеленого огня содержит²:

хлората бария	85%
шеллака	15%

3. Трассирующие составы, применяемые в трассирующих пулях и снарядах, которые при своем полете оставляют след (ночью — огневой, днем — дымовой), обычно по своим свойствам напоминают осветительные или сигнальные составы. Трассирующий состав, содержащий:

нитрата бария	55%
магния	35%
шеллака	10%

при горении дает яркую трассу белого цвета.

4. Зажигательные составы применяются для создания очагов пожара. Термитно-зажигательный состав содержит:

окиси железа	76%
алюминия	22%
жидкого стекла	2%

5. Дымовые составы так же, как и составы сигнальных огней, служат для целей сигнализации, но в дневное время (цветные дымы). Например, состав синего дыма состоит из следующих компонентов:

хлората калия	35%
молочного сахара	25%
индиго	40%

Кроме того, дымовые составы применяются также для создания дымовых завес (маскирующие дымы).

6. Реактивные составы (динамические) употребляются в ракетах и других подвижных фигурах. Основой этих составов является пороховая мякоть, содержащая:

калийевой селитры	75%
серы	10%
угля	15%

¹ Пиротехния, сборн. перев. ст., ВХНИИ, 1933.

² То же, № 2; 1935.

7. Имитационные составы, дающие звуковой, дымовой или световой эффект, имитируя таким образом действие взрывчатых веществ, отравляющих веществ, боеприпасов и т. д., по своей природе ничем не отличаются от вышеупомянутых составов. Например, смесь нитрата бария и магния при зажигании в прочной оболочке дает сильный звуковой эффект, кратковременное пламя и дымовое облако.

8. Воспламенительные составы применяются для воспламенения пиротехнических составов.

Пиротехнические составы по принципу их действия также могут подразделяться на:

- а) пламенные составы (осветительные, сигнальные, трассирующие, зажигательные и др.),
- б) дымовые составы и, наконец,
- в) реактивные (динамические) составы.

§ 5. Общие требования к пиротехническим составам

К пиротехническим составам предъявляются следующие общие требования:

1. Получение необходимого пиротехнического эффекта (осветительный, сигнальный, зажигательный и т. п.) в течение заданного промежутка времени. Это требование определяется условиями тактического применения пиротехнических средств.

2. Обладание минимальной чувствительностью к механическим воздействиям и безопасность при применении.

3. Достаточная физико-химическая стойкость, негигроскопичность и неслеживаемость при хранении, а следовательно, и неизменяемость пиротехнических свойств в течение определенного промежутка времени.

4. Безопасность технологического процесса производства, имея в виду, что пиротехнические составы не только опасны в пожарном отношении, но при известных условиях могут давать взрывы.

5. Исходные материалы должны быть отечественного происхождения и достаточно дешевыми.

ИСХОДНЫЕ ПРОДУКТЫ, УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ В ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВАХ, ИХ СВОЙСТВА И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

§ 6. Обзор употребляемых продуктов

В пиротехнических составах употребляются следующие группы исходных компонентов:

- 1) окислители,
- 2) горючие вещества,
- 3) цементаторы и флегматизаторы.

Окислители при повышенной температуре способны более или менее легко отдавать кислород. К этой группе относятся:

- а) хлораты (соли хлорноватой кислоты), например, KClO_3 , NaClO_3 , $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$;
- б) перхлораты (соли хлорной кислоты), например, KClO_4 , NaClO_4 , $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$;
- в) нитраты (соли азотной кислоты), например, KNO_3 , NaNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$;
- г) сульфаты (соли серной кислоты), например, CaSO_4 , BaSO_4 ;
- д) перекиси и окислы металлов, например, BaO_2 , CaO_2 , SrO_2 , Pb_3O_4 , PbO_2 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , MnO_2 , Mn_2O_3 , Cr_2O_3 , CuO и др.;
- е) соли марганцевой и хромовых кислот, например, KMnO_4 , K_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Ко второй группе относятся такие вещества, которые способны при известных условиях соединяться или с кислородом воздуха или с кислородом, находящимся в химически связанном состоянии. Обычно имеет место последний случай. В качестве горючих применяются:

- а) неорганические горючие (Al, Mg, Zr, Si, Fe, Sb, Zn), сплавы металлов (Al — Mg, Al — Si и пр.), фосфор P, сернистый фосфор P_4S_3 , сера S, сернистые соединения металлов (FeS_2 , Sb_2S_3 , As_2S_2 , As_2S_3 , CuS) и т. д.;

- б) органические горючие, как-то: смолы (идитол $\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{O}_2$, бакелит, шеллак $\text{C}_{16}\text{H}_{24}\text{O}_5$, канифоль $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$, резинаты¹, гумми-

¹ Соли канифоли.

арабик), масла (олифа, касторовое масло), уголь, углеводороды (нафталин $C_{10}H_8$, антрацен $C_{14}H_{10}$, вазелин, парафин, горный воск или озокерит¹, нефть, керосин и пр.), углеводы (виноградный, тростниковый или молочный сахар $C_{12}H_{22}O_{11}$, крахмал, декстрин $C_6H_{10}O_5$, целлюлоза).

Многие вещества из числа органических горючих одновременно являются и хорошими цементирующими веществами, как, например, идитол, бакелит, шеллак, канфоль, гумми-арабик, высыхающие масла, олифа, крахмал и декстрин. Такие вещества, как парафин, вазелин, а также смолы и масла, способны флегматизировать пиротехнические составы.

Кроме того, составы могут содержать специальные добавки. Так, например, в составы сигнальных огней в качестве компонентов входят соли, окрашивающие пламя в характерный цвет. В составы сигнальных дымов входят красители. Для увеличения силы света осветительных составов добавляют фториды, соли бария или натрия и т. п.

§ 7. Требования к исходным продуктам

Как уже упоминалось выше, пиротехнические составы в процессе длительного хранения не должны изменять в заметной степени свои физико-химические, а следовательно, и пиротехнические свойства. Стабильность пиротехнических составов определяется, с одной стороны, условиями хранения, а с другой, — качеством применяемых компонентов. Поэтому к компонентам, как к химическим индивидуумам, применяемым для пиротехнических составов, предъявляются следующие общие требования, а именно:

1. Негигроскопичность продукта.
2. Состав, изготовленный на данном компоненте, не должен быть чрезмерно чувствительным к механическим воздействиям (удар, трение).
3. Состав, изготовленный на данном компоненте, должен быть стойким.
4. Применяемые продукты должны быть отечественного происхождения и достаточно дешевыми.

При составлении рецептов пиротехнических составов необходимо руководствоваться указанными общими требованиями. Кроме того, к применяемым компонентам предъявляются следующие основные требования:

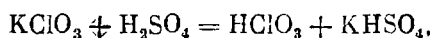
1. Достаточная чистота продукта. Применение недостаточно доброкачественных продуктов для приготовления составов приводит к понижению пиротехнических свойств и стойкости составов.
2. Минимальное содержание гигроскопических примесей, например, солей Na, Ca, Mg и т. д. При их наличии гигроскопичность компонентов увеличивается и составы с течением времени изменяют

¹ В очищенном виде называется церезин.

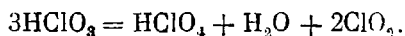
свои первоначальные физико-химические свойства, а следовательно, и пиротехнические качества. При некоторых условиях повышенная влажность в составах может привести к случаям самовоспламенения. Так, например, реакция взаимодействия магния с влагой по уравнению $Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2 + q$ является экзотермической и может привести к разогреванию состава с последующим самовоспламенением. Как показала практика, содержание влажности в применяемых компонентах не должно превышать 0,2—0,5%.

3. Отсутствие кислотности. Данное требование объясняется тем, что наличие кислотности, с одной стороны, будет способствовать значительному понижению химической стойкости составов, а с другой стороны, процесс взаимодействия с кислотой может окончиться самовоспламенением. Так, например, если взять смесь бертолетовой соли с горючим веществом (например сахаром) и подействовать на эту смесь каплей серной кислоты, то получается энергичная вспышка (со звуком). Химизм процесса можно представить следующим образом:

При взаимодействии хлората калия с серной кислотой образуется хлорноватая кислота



которая является неустойчивой и быстро разлагается с образованием двуокиси хлора



Выделявшаяся двуокись хлора есть эндотермическое соединение, которое под влиянием тепла разлагается со взрывом на хлор и кислород, а продукты разложения в свою очередь энергично окисляют органические вещества.

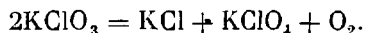
4. Отсутствие механических примесей (песок, стекло и пр.), которые приводят к повышению чувствительности составов к трению и удару. Такие примеси могут являться одной из причин вспышек и взрывов при фабрикации и применении пиротехнических средств.

§ 8. Физико-химические свойства окислителей

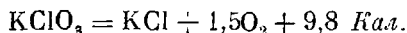
Применяемые в пиротехнических составах окислители, с одной стороны, должны содержать большое количество кислорода, а с другой стороны, должны при повышенной температуре более или менее легко отдавать свой кислород. Наиболее легко выделяют кислород хлораты, труднее — перхлораты и нитраты. Поэтому реакция горения горючих с хлоратами протекает энергичнее, чем с перхлоратами и нитратами. Для иллюстрации приведем некоторые данные о термической стойкости и характере разложения окислителей.

При нагревании хлораты выделяют кислород. Так, например, при прокаливании хлората калия до температуры, несколько более высокой, чем температура его плавления (370°), происходит раз-

ложение по уравнению



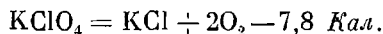
При температуре свыше 400° перхлорат разлагается на хлорид и кислород. Общее уравнение разложения хлората калия можно представить в следующем виде:



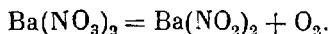
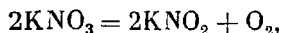
Разложение хлоратов есть процесс экзотермический, который при достаточной скорости может приобрести характер взрыва.

Такие примеси, как MnO_2 , Mn_2O_3 , Fe_2O_3 , CuO , песок и даже толченное стекло значительно понижают температуру разложения хлората калия. В присутствии MnO_2 разложение происходит при температуре ниже 300° .

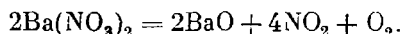
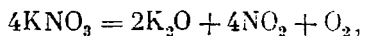
Процесс разложения перхлоратов и нитратов — эндотермический. Разложение перхлората калия, например, протекает по следующему уравнению:



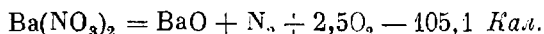
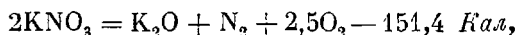
Нитраты при нагревании их выше температуры плавления распадаются на кислород и азотистокислые соли



При более сильном нагревании происходит разложение нитратов с образованием двуокиси азота и оксидов металла:



Так как двуокись азота является сильным окислителем, то в присутствии горючих (например, угля, магния и др.), как это имеет место в пиротехнических составах, она будет восстанавливаться до азота. Поэтому при расчете пиротехнических смесей обычно пишут предположительные уравнения реакции разложения с образованием окиси металла, свободного азота и кислорода:



При умеренном нагревании перманганата калия происходит отщепление кислорода. Двуххромовокислый калий также теряет кислород при нагревании его выше температуры плавления.

О характере разложения некоторых оксидов будет указано в разделе о зажигательных составах.

Следует подчеркнуть, что разложение окислителей (хлоратов, перхлоратов, нитратов) обычно начинается при нагревании их выше