

**И. Быстров**

# **Краткий курс пиротехнии**

**Москва**  
**«Книга по Требованию»**

УДК 62-63  
ББК 30.6  
И11

И11 **И. Быстров**  
Краткий курс пиротехники / 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 предназначается 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, кляксы, 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.



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), написаной 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 разных 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, бурачи 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 патронов<sup>1</sup>. В Англии за время 1914—1918 гг. было изготовлено<sup>2</sup>:

<sup>1</sup> «Пиротехния», Сборн. перев. ст., 1933.

<sup>2</sup> H. Rakowski, Журн. «Wiadomosci techniczne uzbrojenia», №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 вкратце 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 (подкрыльевые факелы Хольда, осветительные бомбы, фотобомбы). Пиротехнические осветительные средства являются пока единственными средствами освещения самолетами наземных объектов во времяочных действий при воздушной разведке, бомбометании, вынужденных посадках самолета, а также приочных 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, бу-раки);

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 пуль 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, терmit с отверженным 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 расстройства 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 кратко на характере их действия.

1. Осветительные составы, предназначаемые для освещения в ночное время, могут, например, содержать следующие компоненты<sup>1</sup>:

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

2. Составы сигнальных огней служат для целей сигнализации в ночное время. Состав зеленого огня содержит<sup>2</sup>:

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:

калиевой селитры . . . . .	75%
серы . . . . .	10%
угля . . . . .	15%

<sup>1</sup> Пиротехния, сборн. перев. ст., ВХНИИ, 1933.

<sup>2</sup> 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 зажжении 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.

## ГЛАВА II

### 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,  $KClO_3$ ,  $NaClO_3$ ,  $Ba(ClO_3)_2$ ;
- б) перхлораты (соли хлорной кислоты), например,  $KClO_4$ ,  $NaClO_4$ ,  $Ba(ClO_4)_2$ ;
- в) нитраты (соли азотной кислоты), например,  $KNO_3$ ,  $NaNO_3$ ,  $Ba(NO_3)_2$ ,  $Sr(NO_3)_2$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ;
- г) сульфаты (соли серной кислоты), например,  $CaSO_4$ ,  $BaSO_4$ ;
- д) перекиси и окислы металлов, например,  $BaO_2$ ,  $CaO_2$ ,  $SrO_2$ ,  $Pb_3O_4$ ,  $PbO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $MnO_2$ ,  $Mn_3O_4$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $CuO$  и др.;
- е) соли марганцевой и хромовых кислот, например,  $KMnO_4$ ,  $K_2CrO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ .

Ко второй группе относятся такие вещества, которые способны при известных условиях соединяться или с кислородом воздуха или с кислородом, находящимся в химически связанным 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  $C_{13}H_{12}O_2$ , бакелит, шеллак  $C_{16}H_{24}O_5$ , канифоль  $C_{20}H_{30}O_2$ , резинаты<sup>1</sup>, гумми-

<sup>1</sup> Соли канифоли.

арабик), масла (олифа, касторовое масло), уголь, углеводороды (нафталин  $C_{10}H_8$ , антрацен  $C_{14}H_{10}$ , вазелин, парафин, горный воск или озокерит<sup>1</sup>, 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, канифоль, 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:

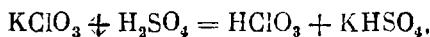
1. Достаточная чистота продукта. Применение недостаточно доброкачественных продуктов для приготовления составов приводит к понижению пиротехнических свойств и стойкости составов.
2. Минимальное содержание гигроскопических примесей, например, солей Na, Ca, Mg и т. д. При их наличии гигроскопичность компонентов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

<sup>1</sup> В очищенном виде называется церезин.

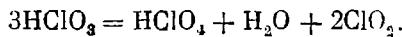
свои первоначальные физико-химические свойства, а следовательно, и пиротехнические качества. При некоторых условиях повышенная влажность в составах может привести к случаям самовоспламенения. Так, например, реакция взаимодействия магния с влагой по уравнению  $Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2 + q$  является 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 действовать 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



Выделившаяся 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.

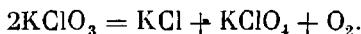
4. Отсутствие механических примесей (песок, стекло и пр.), которые приводят к повышению чувствительности составов к трению и удару. Такие примеси могут являться одной из причин вспышек и взрывов при фабрикации и применении пиротехнических средств.

## § 8. Физико-химические свойства окислителей

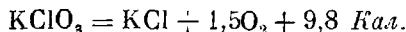
Применяемые в пиротехнических составах окислители, с одной стороны, должны содержать большое количество кислорода, а с другой стороны, должны при повышенной температуре более или менее легко отдавать свой кислород. Наиболее легко выделяют кислород хлораты, труднее — перхлораты и нитраты. Поэтому реакция 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 ( $370^{\circ}$ ), происходит раз-

ложе́ние по уравнению



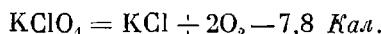
При температуре выше  $400^\circ$  перхлорат разлагается на хлорид и кислород. Общее уравнение разложения хлората калия можно представить в следующем виде:



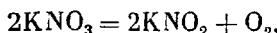
Разложение хлоратов есть процесс экзотермический, который при достаточной скорости может приобрести характер взрыва.

Такие примеси, как  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ , песок и даже толченое стекло значительно понижают температуру разложения хлората калия. В присутствии  $\text{MnO}_2$  разложение происходит при температуре ниже  $300^\circ$ .

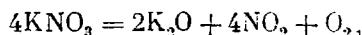
Процесс разложения перхлоратов и нитратов — эндотермический. Разложение перхлората калия, например, протекает по следующему уравнению:



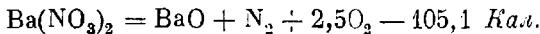
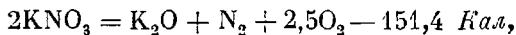
Нитраты при нагревании их выше температуры плавления распадаются на кислород и азотистокислые соли



При более сильном нагревании происходит разложение нитратов с образованием двуокиси азота и окислов 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. Двухромовокислый калий также теряет кислород при нагревании его выше температуры плавления.

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

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