

Чувурин А.В.

# ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ПИРОТЕХНИКА

Часть 2

*Фейерверк  
своими руками*

Харьков  
«Основа»  
2003

ББК 24.1, 24.2

Ч82

УДК 54

**Чувурин А.В.**

Ч82      Занимательная пиротехника: Фейерверк своими руками:  
В 2 ч. Ч.2 – Х.: Основа, 2003. – 364 с.

ISBN 5-7768-0798-0

Вторая часть книги представляет собой подробное практическое руководство по изготовлению фейерверков в кустарных условиях, в том числе низовых, верховых, водных, театральных и даже комнатных. Описано приготовление более тысячи пиротехнических составов для снаряжения различных фигур фейерверков и методы синтеза, необходимых для этого химических компонентов.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, неравнодушных к спичкам, кострам, ракетам и фейерверкам.

Ч 1705000000  
226 – 2003

ББК 24.1, 24.2

Научно-популярное издание

**ЧУВУРИН Александр Викторович**  
**ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ПИРОТЕХНИКА**  
**Фейерверк своими руками**

В двух частях  
Часть 2

Издано в авторской редакции за счет средств автора  
Художник Д.Г. Софиенко

Підписано до друку 23.05.03. Формат 60 x 84 1/16. Папір газетний. Друк офсетний.  
Умов. друк. арк. 21,16. Тираж 1000 пр. Зам. № 38

Державне спеціалізоване видавництво «Основа». Україна, 61005, м. Харків, пл. Повстання 17.  
Надруковано з оригінал-макету у друкарні «Регіон-інформ».  
Свідоцтво про реєстрацію ДК № 31 від 04.04.2000 р.  
Україна, 61082, м. Харків, пр. Московський, 144.

ISBN 5-7768-0798-0

© А.В. Чувурин, 2003

## Часть II. ФЕЙЕРВЕРК СВОИМИ РУКАМИ

### Глава 22. Поверим «на слово»

**И**стория фейерверков началась ещё тогда, когда её уже невозможно было проверить. Это искусство уходит корнями в Древний Китай, а оттуда в Индию. Индуисты издавна использовали бенгальский огонь в религиозных культурах.

Существует мнение, что европейские фейерверки, как массово-веселительное зрелище, зародились ещё в Древней Греции, а вот сам термин немецкого происхождения появился позже (feuer – огонь, werk – дело, работа). Римский поэт Клавдиан в 399 г. описал праздник огня в городе Милане. Грандиозный фейерверк в средневековой Европе был организован в Италии в конце XIV в.

Развитие «увеселительной пиротехники» в России ограничивалось боязнью возникновения пожаров деревянных построек, однако уже во времена правления Алексея Михайловича и Фёдора Алексеевича устраивались салюты на пышных дворцовых приёмах.

В 1675 г. в Устюге описан грандиозный фейерверк: «Было зажжено целых сто смолёных бочек, множество ракет и шутих при громадном стечении народа».

В 1680 г. в Москве создано специальное заведение по изготовлению фейерверков.

Главным покровителем «огненных потех» в России стал царь Пётр I (1672-1725). Так, в августе 1686 г. государевым указом мастерам Григорию Прокофьеву и Андрею Ануфриеву было поручено изготовить 2000 «осьмушечных» ракет для салюта. Царь не только поощрял, но и лично участвовал в приготовлении некоторых фейерверков. По свидетельству «царёва сподвижника» генерала Патрика Гордона Пётр I собственноручно изготовил некоторые элементы мощного фейерверка, состоявшегося в феврале 1690 г. в подмосковном селе Воскресенском на Пресне.

Личная библиотека Петра I включала множество книг, описывающих «художества артиллерийские, воинские и потешные».

В начале XVIII в. число ракет, запускаемых на «иллюминациях» исчислялось тысячами. На стрелке Васильевского острова, напротив Зимнего дворца, даже был выстроен «театр фейерверков».

Грандиозный по своим масштабам фейерверк 1704 г. изображал победный выход России к морю. Символ русского государства – огненный двуглавый орёл высотой более 20 м имел на крыльях и одной лапе щиты с изображением Азовского, Каспийского и Белого моря, а подъезжающий на колеснице Нептун передавал в свободную лапу орла щит Балтийского моря.

Новогодние огненные забавы 1702, 1703 и 1705 гг. запечатлены современниками в памятных гравюрах.

Особого расцвета достигло устройство огненных потех при Екатерине II, став неотъемлемым атрибутом царского двора.

Огромный вклад в развитие пиротехники внёс придворный изобретатель И.П. Кулибин (1735-1818). А если бы Михайло Ломоносов (1711-1765) не тратил всё свободное время на изготовление фейерверков, он, вероятно, открыл бы ещё несколько законов сохранения материи.

Мощным толчком к дальнейшему развитию «искусства огня» послужило открытие Клодом Бертолле (1785) хлората калия. Применение бертолетовой соли позволило сделать огни фейерверков более яркими, а высокая чувствительность таких смесей к температурному и механическому воздействию облегчила разработку новых пиротехнических изделий.

Со второй половины XIX в. для изготовления фейерверков стали активно применять магний, алюминий и цинк.

Огромный вклад в развитие дореволюционной отечественной пиротехники внесли П.А. Фёдоров, П.М. Чельцов, П. Румянцов, Д. Озерков, Ф.В. Степанов, К. Кноринг, П. Николаев и П.С. Цитович.



Слово «салют» пришло к нам из Франции (в переводе с латыни «*salus*» – приветствие) и означает торжественную форму приветствия артиллерийскими или ружейными залпами. Во время Великой Отечественной войны только в Москве было произведено 354 салюта в честь побед Вооружённых сил.

Современные фейерверки бывают разных типов: низовые и верховые, дневные иочные, наземные, водные и даже комнатные (театральные). Особое место занимает пиротехника в кино.

Сегодня в нашей стране это древнейшее искусство укрощения огня переживает возрождение. Без фейерверков не обходится ни один праздник, некоторые виды пиротехнических изделий находятся в свободной продаже.

При желании и строгом соблюдении техники безопасности, Вы тоже сможете освоить нехитрую «домашнюю» технологию фейерверков, прочитав эту книгу, и может быть внести в развитие мирной пиротехники что-то новое.

## Глава 23. По рецепту доктора Ватсона

**В**оздушный змей и бумажные самолётики могут летать и без горючего, нам же понадобится солидный, но вполне доступный, арсенал химических реактивов, часть из которых можно купить, а остальные придётся изготовить самим, и я подскажу, как это сделать.

### 23.1. Селитра превращается, превращается селитра...

**О**tkрытие окислительных свойств калийной селитры и создание на её основе пороха «наделало столько же шума в философии, сколько и в военном деле» и послужило мощнейшим толчком промышленного прогресса.

Несмотря на признанный приоритет Древнего Китая в разработке дымного пороха и основ пиротехники, до недавнего времени нитрат калия назывался «индийской селитрой». Дело в том, что

именно в этой стране, помимо Южной Америки, Египта и Испании, сосредоточены основные запасы данного природного минерала осадочного происхождения, представляющего собой белую рыхлую выветрившуюся массу или ромбические кристаллы.

Ещё не так давно, особенно в Германии, селитру производили в «селитряницах», загружаемых растительным сырьём или животными «остатками» вместе с известковой землёй и золой.

Нитрат калия несложно получается взаимодействием азотной кислоты или окислов азота с оксидом, гидроксидом или карбонатом калия, а также ионообменным методом: обработкой нитратом натрия катионита, насыщенного катионами  $K^+$  или взаимодействием хлорида калия с анионитом, содержащим ионы  $NO_3^-$ .

Главным же в промышленности остаётся синтез, основанный на взаимодействии чилийской  $NaNO_3$  или норвежской  $Ca(NO_3)_2$  селитры с сильвином (хлоридом калия).

Метод основан на изменении растворимости этих солей при разной температуре.

*Смесь 8,5 г нитрата натрия и 7,5 г хлорида калия растворяют при кипячении в 20 мл дистиллированной воды. При температуре*



*31°C отфильтровывают выпавшие кристаллы хлорида натрия, и равновесие реакции смещается в сторону образования нитрата калия. При температуре 20°C отделяют кристаллический осадок калийной селитры. Выход составляет до 6,0 г.*



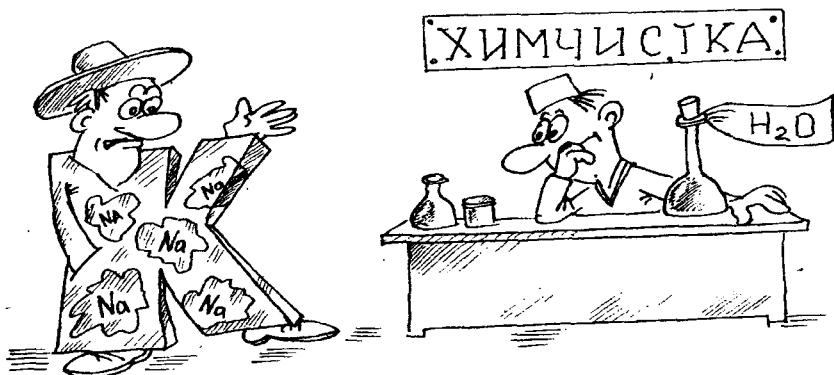
- ✓ Калий нитрат (калийная или индийская селитра)  $KNO_3$  ( $M = 101,1$ ) – бесцветные ромбические либо тригональные кристаллы;  $d = 2,11$ ;  $t_{mp} 339^\circ C$ ; растворяется в воде ( $13,1\%^0$ ;  $21,2\%^{10}$ ;  $31,6\%^{20}$ ;  $37,9\%^{25}$ ;  $46,0\%^{30}$ ;  $63,9\%^{40}$ ;  $110,1\%^{60}$ ;  $168,8\%^{80}$ ;  $243,6\%^{100}$ ); растворение сопровождается значительным понижением температуры; не растворим в этаноле. При нагревании выше  $400^\circ C$  выделяет кислород. Важнейший окислитель.

Применяют нитрат калия как удобрение, пищевой консервант и компонент чёрного пороха. В приготовлении фейерверков эта соль незаменима.

Калийная селитра свободно продаётся в хозяйственных магазинах «садово-огородной ориентации». Однако, учитывая способ получения, Вам необходимо проверить её чистоту и, прежде всего, на содержание в ней примесей натрия.

Достаточно поместить несколько кристалликов селитры в металлическую ложку, прилить этиловый спирт и поджечь. Если со-

держимое горит светлым пламенем с фиолетовым ободком – продукт пригоден для фейерверков, когда же всё забивает жёлтое пламя – соль содержит натрий.



Для обнаружения хлоридов надо несколько кристаллов образца растворить в миллилитре воды, добавить каплю азотной кислоты и столько же раствора нитрата серебра или ляписного карандаша. Если выпала белая муть, значит вместе с селитрой (или вместо неё) Вы купили поваренную соль.

Если же прокаленная селитра при хранении на открытом влажном воздухе в течение 3 часов увеличила вес более чем на 0,5%, для фейерверков она тоже не годится.

Чистая селитра имеет абсолютно-белый цвет, не сыреет при хранении, весьма хрупкая, кристаллизуется из воды шестиугольными призмами, заканчивающимися гексаэдрическими пирамидами. Она имеет свежий, острый, сильно прохладжающий вкус, несколько горьковатый, но ни в коем случае не солёный.

Плавленая калийная селитра в кусках под названием «кристалл-минерал» издавна применялась для окисления металлов (в том числе золота и платины).

Для измельчения больших количеств селитры её заливают дистиллированной водой до покрытия поверхности, нагревают до кипения (если надо – снимают пену), тщательно перемешивают пока густой «сироп» не превратится в мелкий, сухой, белый (а не прозрачный) порошок. Нагревание прекращают, а горячую соль просеивают сквозь мелкое сито и хранят в закупоренных банках.

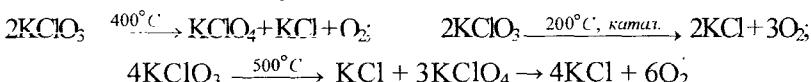
## 23.2. Бертолле, спасибо за хлеб и соль

**B** 1785 г Клод Бертолле, выпаривая «раствор» хлора в калийной щёлочи, получил наряду с «солью Сильвия» (KCl) новую соль, впоследствии названную его именем и без которой сегодня не обходится ни один фейерверк.

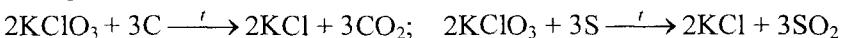
Подумать только. Ещё каких-то лет сто назад «бертолетка» широко применялась для полоскания горла и свободно продавалась в каждой аптеке, а для приобщения к большой пиротехнике достаточно было заболеть ангиной.

Известно большое сходство физических и физико-химических свойств хлората и нитрата калия.

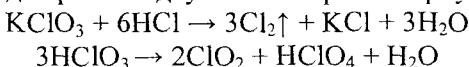
**i** Калия хлорат  $KClO_3$  (бертолетова соль, хлориоватокислый калий) ( $M=122,55$ ) – бесцветные монооклинные кристаллы;  $d = 2,32$ ;  $t_{\text{пл}} 356^\circ\text{C}$  ( $368^\circ\text{C}$ );  $t_{\text{разз}} 400^\circ\text{C}$ ; выше  $550^\circ\text{C}$  взрывается. Растворяется в воде ( $5,2\%$ <sup>10</sup>;  $7,3\%$ <sup>20</sup>;  $8,6\%$ <sup>25</sup>;  $10,1\%$ <sup>30</sup>;  $13,9\%$ <sup>40</sup>;  $23,8\%$ <sup>60</sup>;  $37,6\%$ <sup>80</sup>;  $56,2\%$ <sup>100</sup>), этаноле ( $0,83\%$ <sup>20</sup>) и глицерине ( $1,0\%$ <sup>20</sup>). В присутствии оксидов металлов переменной валентности ( $Cr_2O_3$ ,  $MnO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CuO$  и др.) разлагается при  $150$ - $200^\circ\text{C}$ ; в зависимости от условий разложение имеет вид:



В расплавленном виде эта соль – сильнейший окислитель:



Хлорат калия при действии соляной кислоты выделяет газообразный хлор, а в виде примеси двуокись хлора и хлорную кислоту:



В присутствии концентрированной серной ( $20$ - $30^\circ\text{C}$ ) или влажной щавелевой ( $60^\circ\text{C}$ ) кислот эта соль разлагается с выделением двуокиси хлора, а выше  $65^\circ\text{C}$  эти смеси детонируют:



Смеси бертолетовой соли с легковоспламеняющимися веществами (серой, фосфором, сахаром, роданидами, некоторыми сульфидами и др.) взрываются от удара, трения, нагревания или действия концентрированной серной кислоты. Они почти в три раза более чувствительны к механическому воздействию, чем аналогичные смеси с калийной селитрой.

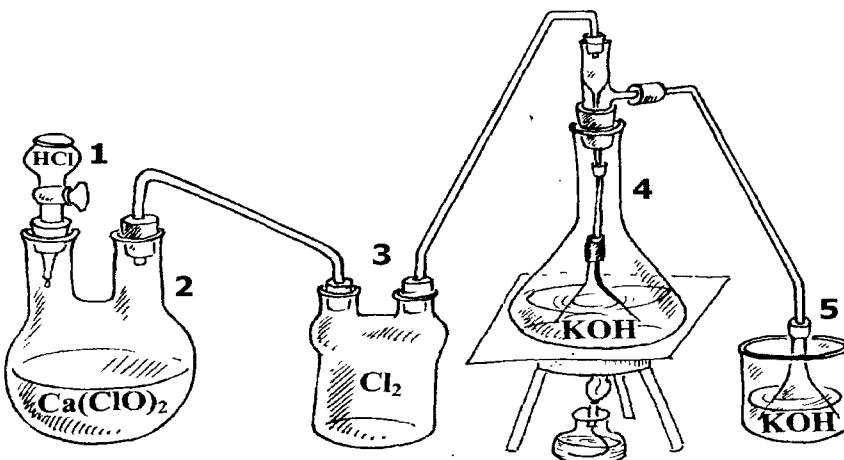
Следует помнить, что усиленный порох на основе бертолетовой соли, сахара и жёлтой кровяной соли (2:1:1), который пытались использовать вместо обычного дымного, разрывал орудия.

Хлорат калия применяют как окислитель в смесевых ВВ, зажигательных смесях и производстве спичек. Кроме того, это эффективный гербицид, а также важный источник лабораторного получения кислорода.

Основной промышленный способ наработки бертолетовой соли – взаимодействие хлората кальция  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $d = 2,71$ ) или натрия  $\text{NaClO}_3$  ( $d = 2,49$ ;  $t_{\text{пл}} 262^\circ\text{C}$ ) с хлоридом калия. Исходные соли легко растворимы в воде и широко применяются в качестве гербицидов для уничтожения растений (например, во Вьетнаме для обработки вдоль автотрасс или обслуживания отечественного железнодорожного полотна).

Если Вам не удалось купить бертолетову соль в магазине химических реактивов, её несложно синтезировать.

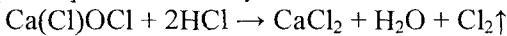
**⚠ Соберите прибор, изображённый на рисунке. Для соединения лучше использовать стеклянные детали на шлифах, но можно пользоваться и стеклянными трубками, скреплёнными полиэтиленовым или полихлорвиниловым шлангом.**



**⚠ В колбу (2) поместите 40 г свежей хлорной извести  $3\text{Ca}(\text{Cl})\text{OCl}\cdot\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ . В делительную воронку (1) влейте 20 мл концентрированной соляной кислоты, в колбу (4) – рас-**

раствор 20 г гидроксида калия в 50 мл воды, а в стакан (5) – 30 мл 5% щёлочи. Содержимое колбы (4) нагрейте до кипения и слегка приоткройте кран делительной воронки. Выделяющийся хлор реагирует с горячей щёлочью, образуя трудно растворимый хлорат калия. Чтобы осадок не забивал трубку, присоедините к ней небольшой расширитель типа маленькой воронки или ещё лучше барботёр с многочисленными отверстиями. Образующийся попутно хлорид калия остаётся в растворе. Щёлочь в стакане (5) выполняет роль поглотителя, непрореагировавшего хлора. Стеклянная воронка не позволит засосать щёлочь в поглотительную двугорлую склянку (3) типа Тищенко или Вульфа, а та в свою очередь защищает от переброски щёлочи колбу (2).

По окончании реакции колбу (4) охлаждают, сливают раствор, кристаллический осадок промывают малым количеством холодной воды, отфильтровывают и сушат. Выход 5,5 г.



Вместо хлорной извести можно использовать окислители и подороже:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$  и др.

Есть ещё один легкодоступный способ получения бертолетовой соли электролизом водного раствора хлорида калия. Последний является минеральным удобрением и свободно продаётся в «садово-огородных» магазинах, в том числе, в виде природного минерала «сильвина».



Соберите установку, включающую автомобильноепусково-зарядное устройство и колбу с графитовыми электродами, обогреваемую на магнитной мешалке. Приготовьте 40% раствор хлорида калия (имейте в виду, что полностью соль растворится только при  $40^\circ\text{C}$ ) и нагревайте его при работающей мешалке, не доводя до кипения. Включите постоянный источник электрического тока напряжением 12 В, раствор при этом будет разогреваться даже без дополнительного электроподогрева.



Согласно закону Майкла Фарадея (1834) для получения электролизом 1 грамм-эквивалента вещества понадобится  $26,8 \text{ A}/\text{час}$  электричества, то есть, при силе тока 5 А теоретически Вы можете получить до 100 г бертолетовой соли в течение 4,5 часов, если не закипят раствор, не перегорят предохранители и не взо-

рётся выделяющийся водород в непроветриваемом помещении. Спокойнее проводить электролиз при силе тока  $\sim 1\text{A}$  в течение суток.

Не увлекайтесь.

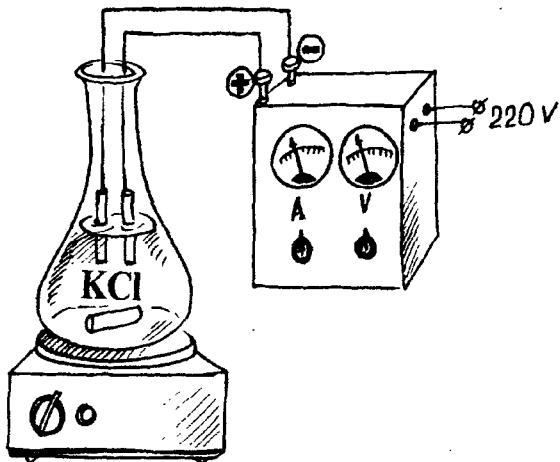
Избыток электричества может и повредить. Если Вы пропустите конец реакции, часть бертолетовой соли восстановится до перхлората калия  $\text{KClO}_4$ . Во избежание этого во время остановитесь, и после охлаждения отфильтруйте выпавший осадок.

Полученная соль из-за низкой растворимости в холодной воде хорошо кристаллизуется в виде больших прозрачных чешуйчатых пластинок, белеющих при высыхании. В чистом виде она не гигроскопична.

Если Вы не в ладах с химией, бертолетову соль можно получить и более «развращённым» методом, нагревая хлорид калия с огромным избытком хлорной извести. Дело в том, что в свежем продукте в виде примеси всегда содержится небольшое количество хлората кальция. Он-то нам и понадобится.

**⚠ 4 кг хлорной извести медленно нагревают в эмалированном тазу чуть выше  $100^\circ\text{C}$ . При этом большая часть продукта растворится в выделившейся кристаллизационной воде. Горячую надосадочную жидкость переливают и процеживают. Добавляют к ней 60 г хлорида калия и слегка упаривают раствор, пока его относительная плотность не составит 1,3. Драгоценную жидкость охлаждают до  $\sim 0^\circ\text{C}$ . Выпавшие кристаллы отфильтровывают.**

Для очистки продукта 56 г образовавшегося хлората калия и 100 мл дистиллированной воды нагревают до кипения и фильтруют



*от осадка. Выпавшие при охлаждении кристаллы представляют собой весьма чистую бертолетову соль.*

Приобретенный хлорат калия для фейерверков необходимо проверять на содержание примесей кальция, натрия и хлоридов. Его раствор не должен давать белый осадок оксалата кальция со щавелевой кислотой или оксалатом аммония, а в присутствии соляной кислоты обязан окрашивать йод-крахмальную бумажку в фиолетовый цвет.

Если соль загрязнена – перекристаллизуйте её из дистиллированной воды.

Работая с бертолетовой солью, во избежание взрыва категорически запрещено:

- растирать её в присутствии других веществ, особенно горючих;
- применять для измельчения деревянные и пластмассовые предметы;
- долго хранить её смеси с серой.

В пиротехнической практике описаны случаи самовозгорания влажных хлоратных составов с серой (чаще серным цветом) особенно в присутствии нитрата свинца.



|| В чистом виде бертолетова соль опасности не представляется, если её не высыпать в костёр или банка из шкафчика не упадёт Вам на голову.

### 23.3. Нам нужен перхлорат

Стремление заменить взрывоопасную бертолетову соль ускорило появление в пиротехнике перхлората калия. Применение этой соли позволило сделать пламя фейерверков более ярким и блестящим.



✓ Калия перхлорат  $KClO_4$  ( $M = 138,6$ ) – бесцветные ромбические ( $\beta$ -форма) или кубические ( $\alpha$ -форма) кристаллы;  $d = 2,524$ ;  $t_{пл} 525^{\circ}C$ ;  $t_{разл} 630^{\circ}C$  (с выделением  $O_2$ );  $\beta \rightarrow \alpha 300^{\circ}C$ ; растворим в воде ( $0,76\%$ <sup>0</sup>;  $1,06\%^{10}$ ;  $1,8\%^{20}$ ;  $2,5\%^{25}$ ;  $4,8\%^{40}$ ;  $12,3\%^{70}$ ;  $22,2\%^{100}$ ), ацетоне ( $0,16\%^{25}$ ), метаноле ( $0,105\%^{25}$ ), этаноле ( $0,012\%^{25}$ ), не растворим в эфире.

Применяется как мощный окислитель в ракетном топливе и пиротехнических составах.

В промышленности перхлорат калия получают обменной реакцией  $\text{NaClO}_4$  с хлоридом калия, осторожным нагреванием (~400°C) бертолетовой соли либо электролизом её водного раствора.



*В лабораторных условиях перхлорат калия нетрудно синтезировать нейтрализацией хлорной кислоты гидроксидом или карбонатом калия в эквимолярном соотношении. Реакция экзотермична (!) и требует охлаждения. Кислота дробно прибавляется по каплям к щелочному раствору до слабокислой реакции ( $\text{pH} = 5$ ) при постоянном перемешивании. Образующийся продукт мало растворим в холодной воде, сразу выпадает в виде кристаллического осадка и, как правило, не требует дополнительной кристаллизации.*



*Синтез пройдёт значительно спокойнее, если использовать разведенные реагенты, однако в этом случае раствор готового продукта придётся упарить.*



Перхлорат калия является более сильным окислителем по сравнению с бертолетовой солью, в отличие от которой менее склонен к детонации. Он устойчив к механическому воздействию, без последствий растирается в фарфоровой ступке, а пиротехнические составы, приготовленные на его основе, вполне стабильны.

Наряду с этими преимуществами перхлоратные составы, по сравнению с аналогичными на основе бертолетовой соли, воспламеняются труднее и больше приближаются к нитратным. По этой причине перхлорат калия ограниченно применяется в изготовлении светящихся звёздок и огненных шаров, требующих быстрого воспламенения и сгорания.

Если условия поджигания пиротехнических изделий не столь экстремальны, бертолетову соль, входящую в прописи, можно заменить перхлоратом калия, увеличив содержание серы на 1/3. Более корректно увеличивать загрузку серы на 1/9 от массы перхлората (это более точная привязка, так как сера часто может входить в горючую смесь в заведомом избытке).

Другие соли калия для устройства фейерверков применяются значительно реже. В их числе:

**К. бихромат (К. дихромат, хромпик)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,**

**К. перманганат (марганцовка)  $\text{KMnO}_4$ ,**

**K. гексацианоферрат (II) (жёлтая кровяная соль)**  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  
**K. гидротартрат (виный камень)**  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ,  
**K.-натрия тартрат (сегнетова соль)**  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

### 23.4. Осторожно, она чилийская

**III**ак уж получилось, что в жарких, засушливых странах мира (Чили, Колумбия, Боливия, Перу, Аргентина, Египет, Средняя и Центральная Азия) сосредоточены основные мировые запасы **натриевой** или так называемой «чилийской» **селитры**. Повидимому, она образовалась при минерализации азотсодержащих веществ.

Такая селитра встречается в виде белых ромбоэдрических кристаллов, чаще пепельного, жёлтого или красноватого оттенка ( $d = 2,24-2,29$ ; твёрдость по Моосу 1,5-2). Часто ей сопутствуют йодид, сульфат и хлорид натрия, ещё более усиливая её гигроскопичность.

||| ✓ **Натрия нитрат (чилийская селитра)**  $\text{NaNO}_3$  ( $M = 205,9$ ) – бесцветные тригональные или ромбоэдрические кристаллы;  $d = 2,26$ ;  $t_{\text{пл}} 306,8^\circ\text{C}$ ; легко растворим в воде ( $72,7\%$ <sup>0</sup>,  $79,9\%$ <sup>10</sup>,  $87,6\%$ <sup>20</sup>,  $91,6\%$ <sup>25</sup>,  $96,1\%$ <sup>30</sup>;  $104,9\%$ <sup>40</sup>,  $114,5\%$ <sup>50</sup>,  $124,7\%$ <sup>60</sup>,  $149\%$ <sup>80</sup>,  $176\%$ <sup>100</sup>); растворим в этаноле ( $0,036\%$ <sup>25</sup>), метаноле ( $0,41\%$ <sup>25</sup>), пиридине ( $0,35\%$ <sup>25</sup>); не растворим в ацетоне.

Нитрат натрия применяется как компонент зажигательной смеси в алюминотермии и многих взрывчатых веществ, для получения азотной кислоты и калийной селитры, в качестве удобрения и пищевого консерванта.

Эта селитра окрашивает пиротехническое пламя в интенсивный жёлтый цвет, но ввиду гигроскопичности чаще заменяется другими солями натрия.

### 23.5. А вы говорите, щавель

**III**ожалуй, на сегодняшний день в пиротехнике эта соль является главным компонентом в составах жёлтого пламени. В отличие от других соединений **натрия** его **оксалат** не гигроскопичен и горючие смеси на его основе неограниченно долго сохраняют свои свойства.



✓ **Оксалат натрия (натрий щавелевокислый)  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$**  ( $M = 134,0$ ) – белые октаэдрические кристаллы;  $d = 2,27$  ( $2,34$ );  $t_{\text{пл}} > 250^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{разл}} 450^\circ\text{C}$ ; плохо растворим в воде ( $3,41\%^{20}$ ;  $6,5\%^{100}$ ); не растворим в спирте. В промышленности получают быстрым нагреванием формиата натрия  $\text{HCOONa}$  до  $400^\circ\text{C}$  над щелочным катализатором. Применяется как проправа в «ситцепечатанье» и дублении кожи, реагент для осаждения кальция, антикоагулянт.



*Для получения оксалата натрия в Вашей кухонной лаборатории к раствору 11,7 г поваренной соли в 30 мл воды прилейте 9 г щавелевой кислоты в 100 мл воды. Выпавший белый мелкодисперсный осадок отфильтруйте, промойте водой. Выход сухого продукта составляет до 11,5 г.*

В избытке щавелевой кислоты или при нарушении очерёдности приливания растворов может образоваться кислый оксалат натрия  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  в виде бесцветных тригональных кристаллов, трудно растворимых в воде ( $2,2\%^{20}$ ;  $21,0\%^{100}$ ). Его образование нежелательно из-за вредной в нашем деле способности впитывать кристаллизационную воду с образованием моногидрата  $\text{NaHC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

### 23.6. Сода. Хозяйка на заметку

**В** глубокой древности египтяне, выпаривая воду из озёр вблизи города Мемфиса, первыми научились получать соль смешанного состава ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Они не догадывались, что это **сода**, и потому неправильно назвали её «**троной**», а позже «**нетером**», «**нитрумом**» и даже «**нитроном**». Недалеко от них ушли и алхимики, окрестившие карбонат натрия, извлекаемый из золы морских растений, странным словом «**натрон**».



✓ **Натрия карбонат (сода кальцинированная)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$**  ( $M = 106,0$ ) – белый гигроскопичный порошок;  $d = 2,533$ ;  $t_{\text{пл}} 852^\circ\text{C}$ ; хорошо растворяется в воде ( $7,0\%^0$ ;  $12,2\%^{10}$ ;  $21,8\%^{20}$ ;  $29,4\%^{25}$ ;  $39,7\%^{30}$ ;  $48,8\%^{40}$ ;  $47,3\%^{50}$ ;  $46,4\%^{60}$ ;  $45,1\%^{80}$ ;  $44,7\%^{100}$ ), в глицерине; плохо растворяется в этаноле; не растворяется в ацетоне; поглощает углекислоту из воздуха.

✓ **Сода кристаллическая  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$**  – бесцветные моноклинные призмы;  $d = 1,446$ ;  $t_{\text{пл}} 32,5^\circ\text{C}$ ; растворяется в воде, плохо в спирте; легко теряет кристаллизационную воду; при  $35,3^\circ\text{C}$  превращается в белый порошок моногидрата  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Сегодня сода является частым компонентом в составах жёлтого огня. Её по-прежнему применяют для промывки и стабилизации

многих ВВ. Кристаллическая сода быстро выветривается на воздухе, частично теряя воду и превращаясь в белый порошок, который перед употреблением всё равно необходимо прокаливать.

**Гидрокарбонат натрия (бикарбонат или питьевая сода)  $\text{NaHCO}_3$**  для фейерверков обычно не используется, так как сильно гасит пламя.

### 23.7. Ледяной камень – криолит

«Ледяной камень» или «криолит» (именно так называли этот минерал греки) хорошо окрашивает огонь в жёлтый цвет и в отличие от других солей натрия не впитывает влагу. Кроме того, этот минерал усиливает люминесцентную компоненту пламени, делая его ярче.

**Минерал криолит** в основном состоит из гексафторалюмината натрия и встречается в виде бесцветных моноклинных кристаллов, иногда окрашенных в пепельный, желтоватый или красноватый оттенок. Если минерал содержит примесь трёхвалентного железа, то его окраска чёрная со стеклянным блеском. Его твёрдость по Моосу 2-3;  $d = 2,95\text{-}3,01$ ; он растворяется в концентрированной серной кислоте. Основные залежи находятся на территории СНГ и в Гренландии. Компонент флюсов, эмалей, молочно-белых стёкол, электролита в производстве алюминия.

||| **✓ Натрия гексафторалюминат (криолит)  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$**  ( $M = 209,9$ ) – бесцветные кубические и моноклинные кристаллы;  $d = 2,9$ ;  $t_{\text{пл}} 1009^\circ\text{C}$ , растворимость в воде (0,39%); получают осаждением из растворов  $\text{AlF}_3$  фторидом натрия или аммония в присутствии натриевой селитры. Негигроскопичен.

### 23.8. Шпат – камень солнца

**П**ервым известным соединением бария был минерал тяжёлый шпат, представляющий собой его сульфат. В начале XVII в. его подробно изучил итальянский алхимик Касциароло. Этот минерал при сильном нагревании с углем долго светится в темноте красным цветом («болонский фосфор»). По этой причине он получил ещё одно название «**солнечный камень**» – «ляпис солярис» (почти

как «Ляпис-Трубецкой»). Само название «**барий**» происходит от слова «барис», что означает «тяжёлый».

**Тяжёлый шпат, барит, персидский шпат** – состоит из сульфата бария, встречается в виде прозрачных трубчатых кристаллов и гранул, окрашенных в коричневый, жёлтый, красный, зелёный, чёрный и даже голубой цвет;  $d = 4,3\text{--}4,7$ ; твёрдость 3-3,5 по шкале Мооса.



✓ **Бария сульфат  $\text{BaSO}_4$**  ( $M = 233,4$ ) – бесцветные ромбические, а выше  $1149^\circ\text{C}$  моноклинные кристаллы;  $d = 4,5$ ;  $t_{\text{разл}} 1580^\circ\text{C}$ ; фосфоресцирует в катодных и рентгеновских лучах; практически не растворим в воде ( $0,000222\%^{18}$ ;  $0,000413\%^{100}$ ); растворим в концентрированной серной кислоте (до 14%) с образованием  $\text{H}_2[\text{Ba}(\text{SO}_4)_2]$ , в тиосульфате натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и бикарбонатах щелочных металлов.

Применяют в химической промышленности как главный источник получения бария, в производстве красок и лаков, в медицинской практике для рентгеновской диагностики, в качестве наполнителя в производстве бумаги и линолеума, в технологии бурения нефтяных скважин.

Сульфат бария иногда используют для приготовления пиротехнических составов светло-зелёного или салатного огня. Однако основной интерес к этой соли связан с возможностью превращения её в более перспективные для пиротехники соединения бария: сульфид, карбонат, оксалат, тартрат, хромат, нитрат, хлорат и пероксид, которые окрашивают пламя в интенсивный зелёный цвет, особенно в присутствии источников атомарного хлора.

### 23.9. «Барис» значит тяжёлый

**И**з сульфата бария или тяжёлого шпата несложно получается более важный для нас его **сульфид**. Он применяется самостоятельно в пиротехнических составах, а также для приготовления других производных бария.



Для его получения достаточно смесь тонкоизмельчённого тяжёлого шпата (а ещё лучше медицинского сульфата бария для рентгенографии) с древесным углем (9:1) интенсивно ( $\sim 800^\circ\text{C}$ ) прокалить в кварцевой трубке до белого цвета.



Если удастся сформировать мелкие тяжёлые кубические кристаллики сульфида бария ( $d = 4,25$ ), они будут светиться в

темноте после облучения светом, (в вакууме их фосфоресценция проявляется сильнее).

- ✓ **Бария сульфид BaS** ( $M = 169,39$ ) бурно реагирует при нагревании с хлоратом и нитратом калия, во влажной среде образует гексагидрат  $\text{BaS} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в виде прозрачных пластиночек; с водой гидролизуется, выделяя сероводород. Взаимодействует с азотной и хлорной кислотой с образованием очень важных для пиротехники окислительных солей: нитрата  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  и перхлората  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$  бария.

## 23.10. Тяжёлый мел

**K**арбонат бария встречается в природе в виде минерала **витерита**, который с незапамятных пор применялся для устройства фейерверков.

**Витерит** представляет собой тяжёлую, довольно мягкую, белую массу с сероватым или желтоватым оттенком. Его твёрдость по шкале Мооса 3-3,5;  $d = 4,25\text{-}4,38$ . Некоторые разновидности минерала содержат карбонат кальция  $\text{BaCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$  или стронция  $\text{BaCO}_3 \cdot \text{SrCO}_3$  и для пиротехники не подходят.

В промышленных условиях продукт получают прокаливанием смеси хлорида бария с карбонатом натрия; действием углекислоты на окись или гидроокись бария во влажной среде; барботированием двуокисью углерода водных растворов или суспензии сульфида и хлорида бария в присутствии карбоната магния; действием карбонатов щелочных металлов или аммония на растворы солей бария.

 *Вполне приличный карбонат бария для пиротехнических целей можно получить длительным кипячением медицинского сульфата бария или мелкодисперсного барита в водном растворе поташа  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , взятого в заведомом избытке.*

- ✓ **Бария карбонат  $\text{BaCO}_3$**  ( $M = 197,4$ ) существует в трёх аллотропных модификациях: бесцветные  $\gamma$ -ромбы (устойчивы до  $811^\circ\text{C}$ ),  $\beta$ -гексагональные кристаллы ( $811\text{-}982^\circ\text{C}$ ),  $\alpha$ -кубическая форма (от  $982^\circ\text{C}$  до плавления);  $d_a = 4,43$ ; твёрдость по шкале Мооса 3,5;  $t_{разл} 1450^\circ\text{C}$ ; почти не растворим в воде ( $0,0022\%^{18}, 0,0065\%^{100}$ ), растворяется в ней в присутствии хлорида аммония или  $\text{CO}_2$ ; реагирует с кислотами; не растворим в этаноле.

Карбонат бария применяют как компонент оптических стёкол, эмалей и глазурей. Важнейший реагент в получении большинства солей бария. Активно применяется в пиротехнике.

## 23.11. Нитробарит – лидер зелёных

**Н**итрат является важнейшей солью бария в приготовлении пиротехнических составов насыщенного зелёного огня. В виде редкого природного минерала **нитробарита** издавна применялся для устройства фейерверков.



✓ **Бария нитрат**  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  ( $M = 261,4$ ) – бесцветные лучепреломляющие кубические кристаллы;  $d = 3,245$ ;  $t_{\text{пл}} 595^\circ\text{C}$ , при дальнейшем нагревании разлагается; умеренно растворим в воде ( $4,99\%$ <sup>0</sup>;  $6,78\%$ <sup>10</sup>;  $9,05\%$ <sup>20</sup>;  $10,32\%$ <sup>25</sup>;  $11,6\%$ <sup>30</sup>;  $14,3\%$ <sup>40</sup>;  $17,2\%$ <sup>50</sup>;  $20,3\%$ <sup>60</sup>;  $26,6\%$ <sup>80</sup>;  $34,2\%$ <sup>100</sup>); не растворим в спирте; образует кристаллогидраты  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; ПДК 0,5 мг/кг. Компонент эмалей и глазурей.

Получают упариванием растворов оксида, гидроксида, карбоната или сульфида бария в разбавленной азотной кислоте; смешиванием горячих растворов хлорида бария и нитрата калия; сплавлением нитрата аммония и окиси бария с выделением аммиака.

## 23.12. В поисках изумрудного огня

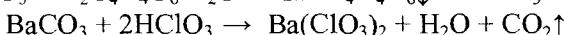
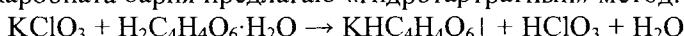
**Н**есомненно этот реактив понадобится нам для получения наиболее богатого изумрудного цвета пламени.



✓ **Бария хлорат**  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$  ( $M = 304,3$ ) – бесцветные моноклинные октаэдрические кристаллы;  $d = 3,3$ ;  $t_{\text{пл}} 414^\circ\text{C}$  с разложением; растворим в воде ( $19,2\%$ <sup>0</sup>;  $51,5\%$ <sup>100</sup>); слабо растворим в спирте. Образует моногидрат  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $M = 322,3$ ;  $d = 3,179$ ;  $t_{\text{разл}} 120^\circ\text{C}$ ; растворим в воде  $21,8\%$ <sup>0</sup>). Взрывается при ударе, трении и нагревании, особенно в смеси с фосфором, серой, органическими веществами.

Промышленный способ получения хлората бария основан на взаимодействии хлорида бария с хлоратом натрия, но для пиротехнических целей лучше исключить присутствие натрия и воспользоваться бертолетовой солью. Достаточно слить горячие насыщенные растворы (на один объём  $\text{BaCl}_2$  1,6 объёма  $\text{KClO}_3$ ) и после остывания отфильтровать кристаллический осадок.

Для получения хлората бария из минерала витерита  $\text{BaCO}_3$  или чистого карбоната бария предлагаю «гидротартратный» метод:

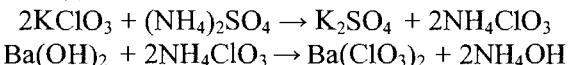


К раствору 12 г бертолетовой соли в 200 мл воды добавляют 17 г винной кислоты в 15 мл воды, выпадает мелкокристал-

**!** лический осадок гидротартрата калия, через 20 минут на-  
досадочную жидкость, содержащую хлорноватую кислоту  
 $HClO_3$ , аккуратно сливают и добавляют к ней 9 г карбоната бария.  
По окончании вспенивания и остывания реакционной массы выпав-  
ший кристаллический продукт отфильтровывают, сушат, осто-  
роожно (!) прокаливают в выпарительной чашке при  $120^{\circ}\text{C}$ . Выход  
хлората бария составляет до 10 г.

Вместо карбоната бария в этой методике можно использовать  
его оксид, сульфид и гидроксид.

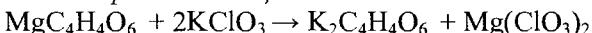
Предлагаемый в литературе «аммиачный» метод получения  
хлората бария включает обработку бертолетовой соли сульфатом  
аммония, осаждение спиртом из раствора образовавшегося сульфа-  
та калия и взаимодействие спирто-водного раствора хлората аммо-  
ния с баритовой водой:

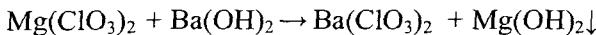


Не рекомендую этого делать. Продукт действительно по-  
лучается чистый, но образующийся в ходе синтеза хлорат  
аммония  $\text{NH}_4\text{ClO}_3$  обладает дурной славой и даже его  
спиртовый раствор может неожиданно самодetonировать,  
поэтому человеку неподготовленному безопаснее синтези-  
ровать нитроглицерин.

Могу предложить абсолютно безобидный (назовём его «магне-  
зияльный») метод синтеза хлората бария, но он более хлопотли-  
вый.

**!** Слейте растворы 24,6 г горькой соли  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (слаби-  
тельное средство) в 40 мл воды и 17 г винной кислоты  
 $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в 200 мл воды. Выпавший белый осадок от-  
фильтруйте и перенесите его в суспензию, содержащую 24,5 г  
бертолетовой соли в 150 мл воды. Осадок растворится. К образо-  
вавшемуся раствору прилейте горячей баритовой воды (17 г гид-  
роксида бария в 100 мл воды). Выпавший осадок гидроксида магния  
отфильтровывают (фильтруется медленно на складчатом филь-  
тре), фильтрат упаривают до «густой» суспензии. После остыва-  
ния кристаллический продукт отфильтровывают, сушат, прокали-  
вают до удаления кристаллизационной воды. Выход 26 г.





Если же Вы имеете в своём химическом арсенале бария хлорид, то легче всего приготовить его хлорат электролизом по типу методики электролитического получения бертолетовой соли. К счастью, из-за разницы молекулярных масс эффективность получения хлората бария этим способом в 2,5 раза выше, чем бертолетовой соли. И не забывайте проветривать помещение от выделяющегося взрывоопасного водорода.

### *23.13. А вообще-то он небесно-голубой*

**В**ам не приходилось собирать на берегу реки, пересекавшей на своём пути известковые породы, красивые, чем-то похожие на сапфир, кристаллы цвета василька, выгоревшего на солнце? Вы не обращали внимание, как отделочники обрабатывают доломитовый камень ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ), вырубывая из него вредные твёрдые «желваки», называя их «болезнью камня»? Внутри каждого из них в прочной кварцевой скорлупе всё те же светло-голубые игольчатые кристаллы. Это осадочный минерал **целестин** (от латинского «*cell-estis*» – небесно-голубой). Он образовался за миллионы лет при отмирании одноклеточных организмов радиолярий, скелет которых включал соли стронция.

Целестин состоит из **сульфата стронция** и представляет собой голубоватую, белую или сероватую (реже красную) компактную массу часто из призматических, ромбических или даже трубчатых кристаллов;  $d = 3,9\text{-}4,0$ ; твёрдость 3-3,5 по шкале Мооса. Это самый важный минерал стронция, главный источник получения его солей.

- ✓ Стронция сульфат  $\text{SrSO}_4$  ( $M = 183,7$ ) – бесцветные кристаллы двух аллотропных модификаций: ниже  $1166^\circ\text{C}$  ромбическая  $\beta$ -форма, а выше – кубическая  $\alpha$ -модификация. Кристаллы ромбического  $\alpha$ - $\text{SrSO}_4$  имеют относительную плотность 3,973,  $t_{\text{разл}}$   $1580^\circ\text{C}$ , диамагнитны, люминесцируют в ультрафиолете, окрашиваются в фиолетовый или голубой цвет при действии  $\beta$ -излучения. Продукт плохо растворяется в воде ( $0,0132\%^{20}$ ;  $0,0113\%^{95}$ ), спирте и ацетоне; мало растворим в соляной кислоте; не растворим в серной кислоте. Образует двойные сульфаты с солями щелочных металлов (например,  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{SrSO}_4$  и  $3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SrSO}_4$ ). Кислая соль образует моногидрат  $\text{Sr}(\text{HSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в виде блестящих бесцветных листочек, растворимых в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $14\%^{70}$ ).

Спектр пламени стронция даёт восемь характеристических полос: шесть в красной, одну в оранжевой и одну в голубой области, а его летучие соли окрашивают пламя в карминово-красный цвет. Сульфат стронция применяют в составах розового огня, а также для получения более перспективных соединений.

Соли стронция обладают мочегонным действием, но лучше этим не увлекаться, так как внутривенная инъекция хлорида стронция вызывает смерть от остановки дыхания, а все его галогениды (особенно йодид) убивают растения. Вместе с тем, соединения стронция иногда применяют для лечения экземы и крапивницы.

В своё время гидроксид стронция даже использовался в сахарном производстве для выделения сахарозы из мелассы в виде нерастворимой соли  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_4 \cdot 2\text{SrO}$ .

### *23.14. Стронцианит – минерал красных огней*

**В** 1764 г. в западной Шотландии на свинцовом руднике близ деревни Стронциан был найден минерал, окрашивающий бесцветное пламя в карминово-красный цвет. Исследовавший его немецкий аптекарь и по совместительству профессор химии в Берлинском университете Мартин Клапрот (1743-1817) предложил назвать этот камень «строицианитом». Естественно, что больше всего обрадовались его открытию пиротехники.

К 1790 г. почти одновременно английский химик-врач Адер Крауфорд (1748-1795), Крюикшенк и Хоп установили, что этот минерал содержит новую «землю» и представляет собой карбонат стронция.

Строицианит представляет собой весьма чистый карбонат строиция. Встречается в виде бесцветных или окрашенных примесями зелёных, жёлтых или серых компактных масс, реже в виде призматических ромбических кристаллов;  $d = 3,6\text{-}3,8$ ; твёрдостью по Моосу 3,5-4.



✓ Стронция карбонат  $\text{SrCO}_3$  ( $M = 147,6$ ) – бесцветные диамагнитные ромбические или выше  $820^\circ\text{C}$  гексагональные кристаллы; ромбические → гексагональные при  $929^\circ\text{C}$ ;  $d = 3,70$ ; декарбоксилируется при  $1211^\circ\text{C}$ ;

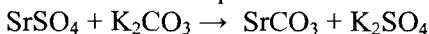


трудно растворяется в чистой воде ( $0,0011\%^{18}$ ;  $0,065\%^{100}$ ); растворим в воде, насыщенной  $\text{CO}_2$ , аммиачными солями или хлоридами щелочных металлов; реагирует с кислотами. С карбонатами некоторых металлов образует двойные, и даже тройные соли (например,  $\text{SrCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

При сильном нагревании карбонат стронция реагирует с серой и углеродом с образованием сульфида и карбида стронция.

Продукт применяют в производстве глазурей, эмалей, керамики, для покрытия катодов радиоламп, в качестве поглотителя рентгеновского излучения (к примеру, в стёклах кинескопов цветных телевизоров) и, конечно же, в пиротехнике для составов розового огня.

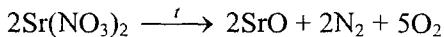
Карбонат стронция нетрудно получить кипячением тонкоизмельчённого целестина в избытке карбоната калия:



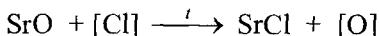
Можно воспользоваться и более доступной кальцинированной содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , но в этом случае полученный продукт необходимо очень тщательно промыть водой, так как даже следы натрия маскируют пламя в жёлтый цвет.

### 23.15. Стронция нитрат – основа фейерверка

*И*з солей стронция для нас наиболее интересен его нитрат, так как он ещё и сильный окислитель:



Он окрашивает пламя в карминово-красный цвет. Образующаяся при его термическом разложении окись стронция придаёт огню лишь розовый оттенок, поэтому в такие пиротехнические составы вводят источники хлора, так как наиболее интенсивное излучение проявляет летучий монохлорид стронция:



*i* Стронция нитрат  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  ( $M = 211,6$ ) – бесцветные кубы;  $d = 2,986$ ;  $t_{\text{пл}} 645^\circ\text{C}$ ; растворим в воде ( $39,5\%^0$ ;  $53,6\%^{10}$ ;  $61,0\%^{15}$ ;  $70,4\%^{20}$ ;  $79,5\%^{25}$ ;  $88,7\%^{30}$ ;  $90,1\%^{40}$ ;  $93,8\%^{60}$ ;  $98,0\%^{80}$ ;  $102,0\%^{100}$ ); слабо растворим в этаноле ( $0,012\%^{20}$ ), метаноле, ацетоне, пиридине, концентрированной  $\text{HNO}_3$ . Из водных растворов ниже  $30^\circ\text{C}$  кристаллизуется тетрагидрат



$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ( $M = 283,7$ ) – бесцветные моноклинные кристаллы;  $d = 2,113$ ;  $t_{\text{пл}} 31,3^\circ\text{C}$ ; хорошо растворим в воде ( $103\%^{15}$ ;  $206,5\%^{100}$ ); мало растворим в спиртах и гидразин-гидрате.

**Нитрат стронция легко выделить, упаривая выше  $30^\circ\text{C}$  растворы оксида, гидроксида или карбоната стронция в разбавленной азотной кислоте. Можно проводить синтез и с концентрированной азотной кислотой, но необходимо добавлять её очень осторожно (по каплям и под тягой!), при постоянном охлаждении реагирующей массы, а это приводит к образованию тетрагидрата, который после фильтрации необходимо прокалить ( $\sim 110^\circ\text{C}$ ) в выпарительной чашке до сухого состояния. Не вздумайте сушить тетрагидрат в тёплом месте на бумаге (выше  $31^\circ\text{C}$  он «поплыёт»).**

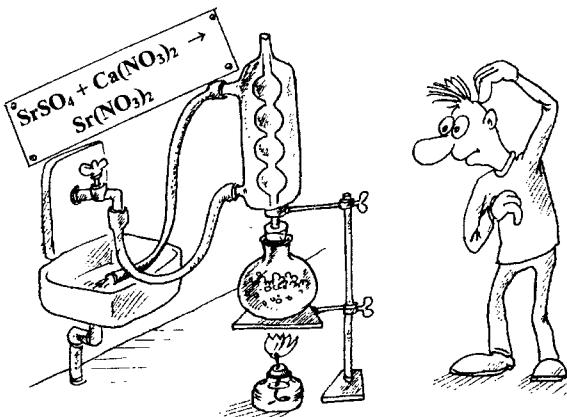
Если Вам повезло и Вы счастливый обладатель «драгоценных» кристаллов целестина  $\text{SrSO}_4$ , можете получить нитрат стронция из него.

**Прокипятите мелко измельчённый минерал несколько часов (чем дольше, тем лучше) с концентрированной азотной кислотой в колбе с обратным холодильником. Горячий раствор под тягой слейте с осадка. Выпавшие при его остывании бесцветные кубические кристаллы и есть долгожданное вещество.**

Эту реакцию можно значительно облегчить, если вместо азотной кислоты использовать кальциевую селитру  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

**Суспензию 60 г целестина в 300 мл 20% раствора нитрата**

кальция кипятят 3 часа под обратным холодильником, фильтруют, фильтрат упаривают до 50 мл. При этом выпадает кристаллический осадок, который при температуре раствора  $\sim 32^\circ\text{C}$  отфильтровывают, промывают на фильтре этанолом или ацетоном. Сушат. Выход нитрата стронция составляет до 50 г.



## 23.16. Ай да чудо-фосфор

**E**сли смесь измельчённого целестина ( $\text{SrSO}_4$ ) с древесным углем (3:1) очень тщательно прокалить в тугоплавкой кварцевой трубке до светло-красного каления и полного выгорания угля, да при этом не отравиться выделяющимся угарным газом, можно получить интереснейший продукт – **сульфид стронция**. Он фосфоресцирует тёмно-голубым цветом, при нагревании до  $70^\circ\text{C}$  – зелёным, выше  $100^\circ\text{C}$  – жёлтым, а на морозе ( $-20^\circ\text{C}$ ) – фиолетовым. Его свечение можно усилить, если перед прокаливанием в шихту добавить немного (1:5000) нитрата висмута.

При нагревании сульфид стронция бурно взаимодействует с бертолетовой солью и калийной селитрой, окрашивает пламя в красный цвет, поэтому им иногда подменяют карбонат стронция в пиротехнических составах.

||| ✓ Стронция сульфид  $\text{SrS}$  ( $M = 123,1$ ) – кубические бесцветные или с зеленоватым оттенком кристаллы;  $d = 3,64\text{--}3,79$ ;  $t_{\text{пл}} > 2000^\circ\text{C}$ ; твёрдость 3,0 по шкале Мооса; в воде гидролизуется с выделением сероводорода, образующийся бисульфид кристаллизуется с четырьмя молекулами воды в виде бесцветных игл  $\text{Sr}(\text{HS})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; реагирует с кислотами, выделяя сероводород; при кипячении в воде с серой образует полисульфид  $\text{SrS}_4$ . Является промежуточным продуктом в синтезе карбоната стронция карбонатическим методом, компонент люминофоров, применяют для удаления волос.

Обработкой сульфида стронция азотной или щавелевой кислотой несложно приготовить очень ценные в пиротехнике нитрат и практически нерастворимый в воде оксалат стронция, только делать это в квартире, а тем более в своей не надо. Вы со мной согласитесь, когда услышите настойчивый запах сероводорода.

## 23.17. Стронциевый крахмал

**Ч**истый оксалат стронция по виду и на ощупь по характерному «хрусту» вполне напоминает картофельный крахмал, но кисель из него получается неважный.

В отличие от многих других эта соль стронция хорошо хранится и уже несколько столетий применяется в устройстве фейерверков для составов красного и розового огня.



✓ Стронция оксалат  $\text{SrC}_2\text{O}_4$  ( $M = 175,7$ ) – бесцветный мелкокристаллический порошок;  $t_{разл} 450^\circ\text{C}$  с образованием карбоната; плохо растворим в воде ( $0,0051^{18}$ ); растворим в соляной и азотной кислоте. Из водных растворов кристаллизуется моногидрат  $\text{SrC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $M = 193,7$ ), который обезвоживается при  $150^\circ\text{C}$ .

Получают осаждением из водных растворов солей стронция действием оксалата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  или щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  с последующим обезвоживанием.

### 23.18. С медью мучились до посинения

**П**олучение чистого, насыщенного и, при том, доступного синего пиротехнического пламени даже сегодня остаётся до конца не решённой проблемой. Спектральные характеристики моногалогенидов меди для фейерверков подходят вполне – беда только в том, что эти соединения, как и большинство медных солей, гигроскопичны.

В технологии синих огней издавна широко применяются оксид меди (II)  $\text{CuO}$  и её хлороксид (хлорокись, ХОМ)  $3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCl}_2$ , который используется как сельскохозяйственный фунгицид.

Ещё в середине XIX в. английским химиком Томасом Грэмом (1805-1869) выделены и подробно исследованы К. Гофманом комплексные аммиакаты медных солей. Уже тогда тетрамминокупронитрат  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{NO}_3$  был предложен в качестве антигризутного взрывчатого вещества.

Через два десятка лет в практике фейерверков также стал успешно применяться тетрамминокупрохлорат  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{ClO}_3$ , который чаще называют «меди-аммоний хлоратом» или «хлоратом тетрамина меди (II)».

**⚠** Получить его несложно. Сливают нагретые до  $60^\circ\text{C}$  растворы, содержащие 25 г медного купороса в 40 мл воды и 30 г хлората бария в 50 мл воды. Выпавший осадок отфильтровывают, а к фильтрату приливают 30 мл концентрированного раствора аммиака и 40-50 мл спирта или ацетона. После охлаждения, выпавшие тёмно-синие кристаллы отфильтровывают, промывают спирто-аммиачным раствором (3:1), сушат при температуре  $50-60^\circ\text{C}$  и хранят в закупорен-

ном виде. Для повышения выхода перед осаждением спиртом раствор желательно частично упарить под вентилятором, нагрев до 60°C.

В небольших количествах этот интересный продукт можно получить и по-другому.

 Смесь 1 г хлората натрия, 3 г медного купороса и 30 г спирта нагревают в течение получаса при помешивании на водяной бане, не доводя до кипения. Зелёный гомогенный раствор фильтруют от примесей и пропускают через него аммиак. Для этого колбу с крепким раствором аммиака, снабжённую газоотводной трубкой, нагревают на кипящей водяной бане. В конце реакции «медный» раствор приобретает тёмно-синюю окраску. Горячую жидкость под мягкой выливают в плоскую посуду. По мере испарения спирта выпадают удивительной красоты тёмно-синие кристаллы.

Выделенный тетрамминокупрохлорат хорошо растворим в воде, плохо в спирте и ацетоне, образует кристаллогидрат, реагирует с кипящей водой, выше 120°C разлагается, окрашивает пламя спиртовки в интенсивно синий цвет.

В работе с этим продуктом будьте осторожны: обычно он спокойно переносит трение, но не выдерживает удара! При резком нагревании (например, раскалённой проволокой), а тем более при действии капсюля он детонирует! И хоть температура взрыва у него аномально низкая, легче от этого не будет.

В этом плане безопасным является тетрамминокупросульфат, который получить ещё легче.

  10 г тщательно измельчённого медного купороса растворяют в 25 мл 25% водного аммиака. К раствору приливают 20 мл спирта. Выпавшие после охлаждения кристаллы отфильтровывают, промывают смесью спирта и аммиака, а затем спирто-эфирной (1:1) смесью и сушат при 50-60°C.

 ✓ Тетрамминокупросульфата моногидрат  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – тёмно-синие ромбы;  $d = 1,81$ ; растворим в воде (18,5%<sup>18</sup>), не растворим в спирте и ацетоне, реагирует с горячей водой, разлагается в интервале 120-250°C; на воздухе устойчив.

Пиротехнические составы на его основе приобретают насыщенную синюю окраску только в присутствии хлорсодержащих продуктов. Срок хранения таких смесей весьма ограничен.

## 23.19. Пожертвуйте малахитовую шкатулку на фиолетовое пламя

**К**огда Сергей Есенин описывал «жёлтых листьев медь», он и не надеялся, что она, в самом деле, входит в их состав, но, к счастью, не ошибся. Не знаю как в волосах, в которых «есть и золото и медь», но даже в печени и крови её достаточно (0,004 мг/кг), а ещё больше в 200 минералах, из которых её получают. Один из наиболее симпатичных из них – знаменитый **малахит**.

Считают, что это слово происходит от греческого «мальва» и, якобы, пёстрый камень напоминает окраску листьев мальвы лесной. Возможно, этот грек был дальтоник или тот, кто это придумал, имел «медный лоб в семь пядей», но, скорее всего, имелось в виду слово «малакос», что означает «мягкий».

**Малахит (горная зелень)** в основной массе представляет собой **дигидроксокарбонат меди**. Встречается в виде сталактитовых масс. Характеризуется чередующимися слоями окраски от изумрудно-зелёной, зеленовато-серой, голубовато-зелёной и даже чёрно-зелёной, до почти белой или бесцветной, получившей название «стеклянная голова». Минерал непрозрачен, в тонких слоях просвечивается;  $d = 3,9\text{--}4,1$ ; твёрдость по Моосу 3,5-4; содержит до 57,4% меди.

Плотный малахит используют в ювелирном деле, как ценный поделочный и облицовочный материал. Землистый малахит применяют для изготовления краски «малахитовая зелень» и для получения меди.

Синтетический малахит получают нагреванием известняка до  $250^{\circ}\text{C}$  с хлоридом меди (II) или с раствором медного купороса, кипячением минерала малоконита или тенорита  $\text{CuO}$  с карбонатом аммония, а более чистый - обработкой медного купороса эквимолярным количеством соды.

Последний метод вполне подойдёт и нам. Для выполнения этого синтеза необходимо к раствору 50 г медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в 150 мл воды прилить раствор 10,5 г кальцинированной соды в 50 мл воды и отфильтровать выпавший светло-зелёный осадок. Затем продукт водой, размешать и отфильтровать повторно. Для пиротехнических целей важно исключить из



продукта примесь солей натрия, поэтому промывку проводят до вырождения в пламени желтой окраски. Ещё надёжнее вместо соды использовать поташ ( $13,5\text{ г }K_2CO_3$ ). В обоих случаях после высушивания образуется до  $22\text{ г}$  малахита.

Также его несложно получить в малых количествах электролизом водного раствора соды или поташа с медным анодом.

 ✓ Дигидроксокарбонат меди (II)  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$  ( $M = 221,1$ ) – моноклинные призмы тёмно-зелёного цвета или светло-зелёный порошок;  $d = 4,0$ ;  $t_{разл} 200^\circ C$ ; не растворим в воде; почти не растворим в этаноле; реагирует с горячей водой, минеральными кислотами, водным аммиаком,  $CO_2$ , цианидом калия и питьевой содой. Известен кристаллогидрат  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2 \cdot 0,5H_2O$ .

Обработкой малахита углекислым газом под давлением или нагреванием известняка в растворе нитрата меди (II) получается азурит (не путать с лазуритом и лазурином, в которых медь отсутствует). Своё название он получил от персидского слова «синий», иногда его называют «горная синь», «медная лазурь», «мединая синь» или «шесслит».

Азурит представляет собой минерал, в основном состоящий из дигидроксодикарбоната меди. Он описан в 1824 г. Встречается в виде плотных друзов (сросшихся кристаллов) или землистой массы (мединая синь), а также агрегатов с малахитом (азурмалахит). Цвет его лазурно-синий, голубой или зеленовато-фиолетовый. Твёрдость этого минерала по Моосу 3,5-4;  $d = 3,7-3,9$ ; содержит до 55,3% меди.

 ✓ Дигидроксодикарбонат меди (II)  $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$  ( $M = 344,7$ ) – двулучепреломляющие клиноромбические кристаллы синего цвета;  $d = 3,88$ ;  $t_{разл} 220^\circ C$ ; не растворим в воде, разлагается горячей водой и кислотами; растворим в нашательном спирте и питьевой соде. Применяют в пиротехнике, для получения синей краски, как ювелирный и поделочный камень, а также в производстве меди.

Обе карбонатные соли не гигроскопичны и с давних пор используются для устройства фейерверков. Они входят в составы голубого, синего и фиолетового огня.

Соли меди довольно токсичны и требуют аккуратного отношения. Для того чтобы навсегда потерять интерес к пиротехнике, достаточно одной десертной ложки такого порошка, по ошибке принятой внутрь.

## 23.20. Под такой кроной не спрячешься

**D**ля приготовления составов голубых спиртовых или каминных огней хорошо подходит **ацетат меди (II)**. Его моногидрат получил ласковое название «**медянка**». В своё время вещества подобного состава называли «**зелёным кроном**», хотя первоначально этот термин закрепился за его основной солью.

 **Осторожно.** Сегодня название «**крон**» распространилось на пигменты разной окраски, в основном представленные хроматами, например, свинца и цинка жёлтого цвета или даже стронция лимонно-жёлтой окраски. Нам они не подходят.

 ✓ **Ацетата меди (II) моногидрат**  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $M = 199,6$ ) – клиноромбические кристаллы тёмно-зелёного цвета с синим оттенком;  $d = 1,882$  ( $d_{\text{безводн}} = 1,93$ );  $t_{\text{пл}} 115^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{разл}} 240^\circ\text{C}$ ; растворим в воде (20%), этаноле (7,14%) и эфире. Известен **пентагидрат** в виде синих кристаллов. Получают обработкой медного купороса ацетатом кальция  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . В виде **моногидрата** выпадает в осадок при упаривании ( $30^\circ\text{C}$ ) растворов оксида, основного карбоната или ацетата меди (II) в уксусной кислоте. Используется как пигмент в керамике, продаётся в качестве садово-огородногоfungицида.

Кипячение водных растворов ацетата меди (II) вызывает осаждение синих кристаллов, легко растворимых в избытке аммиака. Это основные ацетаты меди, получившие общее название «**ярь медянка**». В их числе зелёная соль  $\text{CuO} \cdot 2\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , голубая  $\text{CuO} \cdot \text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  и ряд кристаллогидратов.

**Основной ацетат меди (II)**, как правило, представлен вышеописанной смесью солей. Это сине-зелёный порошок, слабо растворимый в воде и спирте, он реагирует с кислотами и нашатырным спиртом. Получают его взаимодействием уксусной кислоты с медью при доступе воздуха (прямо как после варки кислого варенья в медном тазу). Чаще всего данный продукт имеет формулу  $\text{CuO} \cdot 2\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ .

Используют его в качестве пигmenta для приготовления краски «**зелёный крон**» и «**венецианская ярь**». Ещё не так давно это вещество в комплексе с арсенитом меди (II) применялось в технологии «**парижской**» или «**швейцарской зелени**», которая также иногда использовалась в пиротехнике. Сегодня эта краска не упот-

ребляется из-за неудачного вкуса от присутствия мышьяка, кроме того, при действии плесени она выделяет в помещение токсичный газ арсин  $\text{AsH}_3$ .

Если Вы случайно приняли одну из этих солей **внутрь** и Вам не по себе, прежде чем вызвать врача, срочно заешьте её сырым яйцом, конечно, если сможете.

### *23.21. Под покровительством Венеры*

**С**редневековые алхимики установили, что Меди покровительствует Венера, которая лучше смотрится в голубом. И действительно в пиротехнических составах фиолетового и синего пламени отлично работает **сульфид меди (II)**, который встречается в природе в виде минерала **ковеллина**.

**Ковеллин** содержит до 66,5 % меди и в основном состоит из её сульфида  $\text{CuS}$ . Он встречается в виде мелких пластинчатых кристаллов, окрашенных в тёмно-синий цвет (индиокармин);  $d = 4,6$ ; твёрдость по Моосу 1,5-2. Является сырьём в производстве меди и пигментом для красок.

 **Меди (II) сульфид  $\text{CuS}$  ( $M = 95,6$ )** – чёрный порошок, реже гексагональные кристаллы;  $d = 4,68$ ;  $t_{\text{разл}} > 450^\circ\text{C}$ ; не растворим в воде, этаноле и щёлочах; реагирует с кислотами и цианидами.

Этот продукт без затруднений получается взаимодействием растворов сульфидов щелочных металлов с растворимыми солями меди (II) или при пропускании через них сероводорода. Образующийся чёрный мелкодисперсный осадок плохо фильтруется, что затрудняет его промывку.

Обработка аммиачных растворов солей меди (II) сероводородом приводит к выделению коричнево-чёрного коллоидного сульфида  $\text{Cu}_2\text{S}$ , флюoresцирующего зелёным цветом и осаждаемого электролитами.

Хорошие результаты даёт нагревание минерала **халькозина (гемисульфида меди)  $\text{Cu}_2\text{S}$**  с серным цветом.

Можно прокалить медный купорос с роданидом аммония  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , но лучше оставить этот метод Вашим врагам (он протекает с выделением синильной кислоты).

Интересно, что нагретая медная пластинка в парах серы сразу покрывается чёрным сульфидом CuS.

Имейте в виду, что метод сплавления серы с медным порошком, рекомендуемый в некоторых руководствах, в зависимости от условий может привести к образованию как сульфида CuS, так и гемисульфида Cu<sub>2</sub>S меди. Нам подходят оба продукта, поэтому остановимся на этом синтезе подробнее.

 Смесь опилок красной меди с серой (2:1) в тигле с крышкой ставят в печь, а ещё лучше в костёр, обкладывают горящими углями, нагревают до красного каления и через несколько минут вынимают. Готовый продукт (**CuS**) образуется в виде шлака. Он без затруднений толчётся и после просеивания готов к употреблению.

 Если же смесь нагреть до белого каления и долго выдерживать в расплаве, продукт получается в виде «металлического королька» с синим отливом, блестящего на изломе. Это уже гемисульфид меди. Дело в том, что выше 450°C сульфид меди разлагается до **Cu<sub>2</sub>S** и серы, которая сразу выгорает. Для целенаправленного получения гемисульфида меди берите рабочую смесь в соотношении (4:1). Будьте осторожны, сплавление в открытом тигле может привести к окислению продукта до медного купороса и окиси меди.

Если медный порошок очень мелкий, его реакция с серой может проходить даже при комнатной температуре. Так, гемисульфид меди неплохо получается растиранием смеси серного цвета с восстановленной медью.

Наконец, его можно синтезировать, прокаливая медный купорос с серой (4:1).

 || **Меди (I) гемисульфид Cu<sub>2</sub>S** ( $M = 159,2$ ) – тёмно-синие или синевато-чёрные октаэдрические ( $d_{\beta} = 5,78$ ) и гексагональные ( $d_{\alpha} = 5,6$ ) кристаллы;  $t_{\text{пл}} 1129^{\circ}\text{C}$ ; при  $103^{\circ}\text{C}$   $\beta \rightarrow \alpha$ ; не растворим в воде, спиртах, щёлочах; реагирует с  $\text{HNO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

**Халькозин (медный блеск)** состоит из гемисульфида меди Cu<sub>2</sub>S; содержит до 79,8% меди, встречается в виде компактных масс из серовато-чёрных бипирамидальных кристаллов;  $d = 5,7$ ; твёрдость по Моосу 2-3. Сырьё в производстве меди.

Как видно из старинных рецептов, в своё время для окраски пиротехнического пламени вместо описанных сульфидов, часто при-

меняли даже прокаленный **медный купорос**  $\text{CuSO}_4$ . Учитывая гигроскопичность и частые случаи самовоспламенения, содержащих его хлоратных составов, я бы Вам этого не советовал.

## 23.22. *Ну и роданиды*

**И** эти соединения меди также применяют в пиротехнике. **Тиоцианат (роданид) меди (I)**  $\text{CuSCN}$  получают в виде мелкого белого осадка при обработке растворов солей меди (II) тиоцианатом калия или аммония в присутствии восстановителей ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  или сульфидов щелочных металлов). Этот высокоплавкий продукт ( $t_{\text{пл}} 1084^{\circ}\text{C}$ ) не растворим в воде и спиртах, однако растворяется в избытке тиоцианатов, растворах амиака и эфире. Его используют для изготовления «необрастающего» покрытия морских судов, а также в качестве стабилизатора горения спичек и горючего твёрдотопливных ракет.

**Тиоцианат (роданид) меди (II)**  $\text{Cu}(\text{SCN})_2$  образуется в виде чёрного мелкокристаллического осадка при обработке растворов солей меди (II) стехиометрическим количеством тиоцианата калия. К сожалению, это вещество мало устойчиво в контакте с водой и при длительном хранении в сыром состоянии постепенно переходит в тиоцианат меди (I) с выделением родана. В сухом же состоянии при комнатной температуре продукт весьма стабилен и наряду с одновалентной солью применяется в пиротехнике для приготовления составов синего и фиолетового огня.

## 23.23. *Подумаешь, мел*

**И**звание «кальций» происходит от слова «калкс», что означает мягкий камень известняк – разновидность кальцита (**карбоната кальция**). К числу кальцитов относятся **мел** и **мрамор**. Они-то нам и нужны.

Дело в том, что излучение кальция в основном приходится на оранжевую, красную и фиолетовую часть спектра, поэтому суммарная окраска пламени его солями кирпично-красная либо при слабой насыщенности розовая с фиолетовым оттенком.

К сожалению, большинство перспективных соединений кальция гигроскопично, зато мел доступен даже начинающему пиротехнику.

Для начала желательно подвергнуть его старинной процедуре «отмучивания» (термин придумал не я, но помучиться действительно придётся). Разведите порошок мела водой, дайте осесть тяжёлым частицам, слейте мутную воду, пусть она отстоится, выпавший «отмученный» осадок после сушки годится для фейерверков.

Многие виды мрамора дают более густую окраску пламени, но измельчать их намного труднее и без металлической ступки не обойтись.



✓ **Кальция карбонат**  $\text{CaCO}_3$  ( $M = 100,1$ ) – бесцветные тригональные кристаллы кальцита; ромбические призмы арагонита; гексагональные кристаллы ватерита;  $d = 2,71\text{-}2,93$ ; не растворим в воде; растворяется в на- шатыре  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; реагирует с кислотами; представлен минералами: мел, мрамор, известняк, исландский шпат и др.

## 23.24. Литий Леопольда

**С** того момента, когда в 1818 г. Леопольд Гмелин (1788-1853), профессор химии и медицины, установил, что летучие соли лития окрашивают пламя в чистый карминово-красный цвет, этот элемент стал предметом многочисленных поисков пиротехников.

В природе **литий** встречается в основном в виде силикатов, и даже своё название получил от греческого слова «литос» – «камень», потому, что все остальные его соединения очень гигроскопичны. Перспективные для пиротехники соли (нитрат, хлорат, перхлорат, хлорид и др.) сразу расплываются на воздухе.

К счастью, **лития карбонат** почти не растворим в воде и выпадает в виде белого осадка при обработке растворов его солей карбонатом калия. Реакцию проводят с горячими растворами. Сода и карбонат аммония для этого не подходят: соли натрия маскируют окраску, а карбонат аммония повышает растворимость выпадающего осадка.

Даю подсказку: интересующий нас карбонат применяется в медицине в качестве антидепрессивного средства при маниакальном

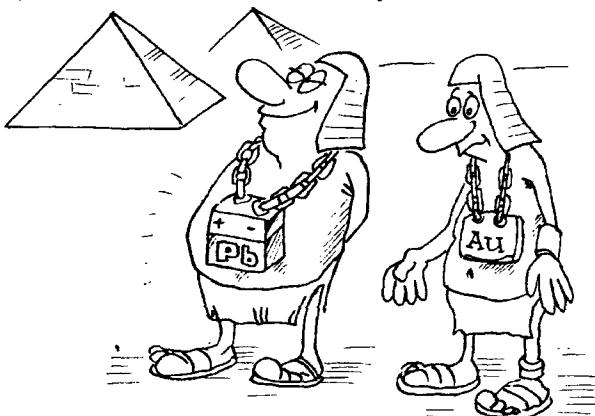
психозе в таблетках по 0,3 г, а в своё время активно использовался для лечения подагры.



✓ **Лития карбонат**  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ( $M = 73,9$ ) – бесцветные моноклинные кристаллы;  $d = 2,11$ ;  $t_{\text{разл}} 618^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}} 732^\circ\text{C}$ ; плохо растворим в воде, при нагревании растворимость падает ( $1,53\%^0$ ;  $1,27\%^{25}$ ;  $1,01\%^{50}$ ;  $0,85\%^{75}$ ;  $0,72\%^{100}$ ); не растворим в этаноле и ацетоне; растворяется в воде, насыщенной  $\text{CO}_2$ .

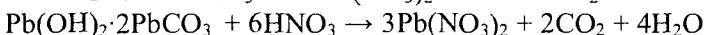
## 23.25. Плюмбум – элемент огненного дождя

**П**одумать только, любой владелец даже отслужившего свинцового аккумулятора в Древнем Египте был бы очень богатым человеком, ведь из этого металла, как и из золота, изготавливали ювелирные изделия. Это позже древние римляне решили использовать его для своего водопровода, но они плохо кончили. Название «плюмбум» для свинца предложил Плиний. За способность растворять металлы, в том числе драгоценные, алхимики прозвали его «Сатурном».



**Нитрат свинца** вошёл в пиротехнический арсенал средневековой Европы с появлением «комнатных фейерверков».

Он без особого труда получается упариванием растворов свинца, его оксидов или основного карбоната (свинцовые белила) в разведённой азотной кислоте:



В концентрированной азотной кислоте нитрат свинца растворяется плохо, поэтому её предварительно разводят водой, а для подав-

ления образования основных солей кислоту применяют в заведомом избытке.

Для синтеза вполне подойдут «очищенные» пластины-соты свинцового аккумулятора. Материал ячеек тоже можно использовать, но только свежий. Он состоит из оксидов свинца (чаще **свинцового глёта** или **массиконита**  $PbO$ , **диоксида свинца**  $PbO_2$  или **свинцового сурика**  $Pb_3O_4$ ), которые в ходе эксплуатации превращаются в сульфат  $PbSO_4$ .

*Измельчённые куски свинца залейте в колбе равным по весу количеством азотной кислоты и разбавьте её в три раза водой. Реакция протекает весьма спокойно без нагревания с выделением ядовитых оксидов азота, поэтому лучше проводить этот синтез в пассивном режиме в конце огорода, оставив колбу или стеклянную банку с драгоценным содержимым до полного растворения свинца. Когда реакция прекратится, большую часть раствора упарьте до выпадения кристаллов. После остывания, отфильтруйте и высушите в тени и в тепле выпавший кристаллический осадок.*

При использовании свинцовых белил, глёта, применявшегося в приготовлении свинцового пластиря, или сурика, их растворяют при нагревании в продажной (56-65%) азотной кислоте, при необходимости фильтруют или сливают с осадка и выделяют нитрат аналогичным способом.

**Свинца нитрат (II)  $Pb(NO_3)_2$**  – бесцветные кубические диамагнитные кристаллы с двойным лучепреломлением и пьезоэлектрическими свойствами;  $d = 4,53$ ;  $t_{\text{разл}} > 205^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}} 450\text{-}470^\circ\text{C}$ ; хорошо растворим в воде с поглощением тепла ( $36,4\%^0$ ;  $52,2\%^0$ ;  $56,5\%^{25}$ ;  $69,4\%^{40}$ ;  $88,0\%^{60}$ ;  $107,4\%^{80}$ ;  $127,3\%^{100}$ ); растворим в этаноле ( $0,04\%^{20}$ ), метаноле ( $1,24\%^{25}$ ) и пиридине ( $4,39\%^0$ ;  $5,46\%^{25}$ ). Известна моноклинная форма, плохо растворимая даже при нагревании.

Продукт сохраняют только в кристаллическом виде в банке из тёмного стекла. В размолотом состоянии, а тем более под действием света, он быстро разлагается и даже сыреет.

Перед употреблением нитрат свинца для пробы растворяют в воде. Если раствор мутный, а при стоянии из него выпадает осадок, в работу он не годится. Такую соль можно регенерировать, перекристаллизовав из воды с добавлением азотной кислоты до слабокислой реакции и прозрачности раствора.



|| Нитрат свинца является причиной самовозгорания хлоратных составов – такие смеси, а тем более включающие серу, долго хранить нельзя!

В пиротехнических составах эта соль придаёт пламени мелкоискристый голубоватый оттенок, больше похожий на сияние.

## 23.26. Свинцовский сахар

**О**казывается, есть сахар, который не употребляют в пищу. Это **ацетат свинца**. А название он получил за сладкий вкус. Осторожно! Он ядовит.

По внешнему виду ацетат свинца представляет белый блестящий тяжёлый порошок из кристалликов и их сростков со слабым запахом уксуса. Его насыщенные водные растворы обладают щелочной реакцией, а разбавленные (1:20) – слабокислой.

Получают этот продукт растворением оксидов, карбоната или металлического свинца в избытке уксусной кислоты.



- ✓ **Свинца ацетат**  $Pb(CH_3COO)_2$  ( $M = 325,3$ ) – белые кристаллы;  $d = 3,25$ ;  $t_{пл} 280^{\circ}C$ ; хорошо растворим в воде ( $19,7\%$ <sup>0</sup>;  $29,3\%$ <sup>10</sup>;  $44,3\%$ <sup>20</sup>;  $55,2\%$ <sup>25</sup>;  $69,7\%$ <sup>30</sup>;  $116,9\%$ <sup>40</sup>;  $221,0\%$ <sup>50</sup>); растворим в глицерине ( $143\%$ <sup>20</sup>), плохо растворим в этаноле. Образует кристаллогидраты:
- ✓ **Свинца ацетата тригидрат**  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$  (**свинцовский сахар**) ( $M = 379,3$ ) – бесцветные моноклинные кристаллы;  $d = 2,55$ ;  $t_{пл} 75^{\circ}C$ ;
- ✓ **Свинца ацетата декагидрат**  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 10H_2O$  ( $M = 505,4$ ) – бесцветные ромбические кристаллы;  $d = 1,69$ ;  $t_{пл} 22^{\circ}C$ .

В медицинской практике до недавнего времени свинцовский сахар под названием *Plumbi acetas* применялся для примочек.

В пиротехнике его употребляют для пропитки бумажных пальцевых свечей и некоторых видов фитилей.

## 23.27. Вот так сурик

**С**винцовский сурик, который в виде тяжёлого красно-коричневого порошка свободно продаётся в хозяйственных магазинах, является очень важным элементом любого фейерверка. Следует иметь в виду, что пиротехнические составы на его основе применять в помещениях нельзя, ввиду токсичности выделяемых паров.



✓ **Свинцовый сурик (трисвинца тетроксид, ортоплюмбат свинца)**  $Pb_3O_4$  ( $M = 685,6$ ) – мелкие тяжелые оранжево-красные тетрагональные кристаллики;  $d = 8,79$ ;  $t_{\text{разл}} > 550^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}} 830^\circ\text{C}$ ; не растворим в воде; реагирует с разбавленной азотной и соляной кислотой. Применяют как пигмент для антикоррозионных красок и для заполнения пластин свинцовых аккумуляторов.

В пиротехнике его используют в пламенных композициях. Сурик даёт чаще голубоватые, а иногда жёлтые (в зависимости от состава) мелкие и обильные лучистые искры.

Аналогично применяется оксид свинца  $PbO$  (свинцовый глёт, сильберглёт или массиконит).

### 23.28. Свинцовые спички не желаете?

**С**толь интересное вещество как диоксид свинца иногда встречается в виде редкого минерала **платтернита**. Его несложно получить окислением оксида свинца либо свинцового сурика хлорной известью или азотной кислотой.

✓ **Свинца (IV) диоксид**  $PbO_2$  ( $M = 239,2$ ) представляет собой тяжёлые тёмно-коричневые кристаллы тетрагональной ( $t_{\text{разл}} \sim 220^\circ\text{C}$ ) либо ромбической ( $t_{\text{разл}} \sim 280^\circ\text{C}$ ) модификаций. За высокие окислительные качества в своё время его даже называли «перекисью свинца».

Красный фосфор и сера при растирании с диоксидом свинца воспламеняются, с разбрасыванием красивых искр.

Его применяют для заполнения ячеек некоторых систем аккумуляторов, в качестве окислителя в пиротехнике, а также в производстве спичек и некоторых фрикционных составов.

### 23.29. Сурьма – волк металлов

**С**толь древние римляне умели получать **металлическую сурьму** из **сурьмяного блеска** ( $Sb_2S_3$ ). До наших дней сохранились сурьмяные халдейские вазы, хотя, по-видимому, это было опрометчивое решение, так как по токсичности некоторые соли сурьмы не намного уступают мышьяку.

Свой апофеоз сурьма пережила во времена алхимиков. За свойство растворять все известные металлы её прозвали «**волком ме-**

**таллов».** Одинокий волк стал её алхимическим символом, когда Чечни с аналогичным гербом ещё не было на карте.

Не обошлась без сурьмы и вся «ранняя» пиротехника. Она употреблялась для получения белого пламени и придания яркости цветным огням. Несмотря на то, что её поглощение приходится на голубую часть спектра, на расстоянии огонь от подобных пиротехнических составов кажется ослепительно белым.

|| **Сурьма Sb** ( $M = 121,8$ ) – тяжёлое серебристо-серое вещество с синим оттенком и металлическим блеском; существует в нескольких аллотропных модификациях (устойчивые: гексагональная и кубическая; не устойчивые аморфные: жёлтая, чёрная и взрывчатая);  $d = 6,69$ ;  $t_{\text{пл}} = 630,5^{\circ}\text{C}$ ; очень хрупкая, легко измельчается даже в фарфоровой ступке.

Если приглядеться, поверхность сурьмы покрыта пересекающимися полосками. Она имеет довольно сильный запах и привкус – достаточно потереть её между пальцами или подержать во рту. Не бойтесь, не отравитесь: в металлическом виде сурьма не ядовита, только не обязательно её жевать.

Природная сурьма в виде ромбоэдрических и гексагональных кристаллов или чешуек встречается редко, но иногда сопутствует залежам каменного угля.

Помимо пиротехники сурьма применяется в сплавах для отливки типографских шрифтов и аккумуляторных пластин.

### 23.30. Антимоний – противомонах

**М**инерал антимонит или сурьмяный блеск был хорошо известен ещё в глубокой древности благодаря стараниям античных красавиц, применявшим его длинные кристаллы для чернения (сурьмления) бровей.

Своему названию этот минерал обязан монаху Бенедиктинского ордена Василию Валентину, который после удачных испытаний по откорку местных свиней решил сделать более упитанными братьев по монастырю, но переборщил с дозой, и сульфид сурьмы назвали «антимоний» – «противомонах».

|| Внимание. Соединение токсично, при отравлении рекомендуется приём вяжущих веществ (настойка танина, чай, отвар дубовой коры).



**Сурьмяный блеск (антимонит, антимоний, крудум, стибнит)** в основном состоит из сульфида сурьмы (III)  $Sb_2S_3$ ; встречается в виде игольчатых призматических кристаллов длиной 15-20 см серовато-свинцового цвета с металлическим блеском;  $d = 4,65$ ; твёрдость по Моосу 2-2,5.

**i** ✓ Сурьмы (III) сульфид (сесквисульфид)  $Sb_2S_3$  ( $M = 339,7$ ) представляет собой диамагнитные, оранжево-жёлтые или красные орторомбические кристаллы;  $d = 4,65$ ;  $t_{\text{пл}} 550^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{возр}} 917^\circ\text{C}$ ; почти не растворим в воде ( $1,7 \cdot 10^{-4}\%$ ), реагирует с горячей водой, кислотами и щелочами; в мелкодисперсном состоянии пирофорен.

Применяют сурьмяный блеск в производстве спичек и некоторых видов синтетического каучука. Он входит в пиротехнические составы белых бенгальских огней, а также многочисленные горючие композиции для придания яркости и блеска пламени.

Смесь сульфида сурьмы (III) с бертолетовой солью («хлоркаль-антимоний») очень взрывоопасна. Она легко детонирует при ударе или лёгком трении и в своё время широко применялась в капсюльных составах.

Приобретая сульфид сурьмы (III), чтобы не купить графит или шифер (наиболее частые примеси), сделайте две пробы: чистый продукт улетучивается при нагревании без остатка и полностью растворяется в крепкой соляной кислоте.

**i** ✓ Сурьмы (V) сульфид  $Sb_2S_5$  – оранжево-красное аморфное вещество, не растворимо в воде,  $t_{\text{разл}} > 120^\circ\text{C}$ . Применяют как пигмент в красках и вулканизирующий агент для красной резины. Компонент пиротехнических составов. Пирофорен.

### 23.31. Добавьте мышьяк, и гори всё белым пламенем

**Ч**тобы купить мышьяк в аптеке, одной фотографии Вашей тёщи явно недостаточно. Нужен рецепт.

Даже трудно сказать, что случилось раньше: мышьяк стали использовать как отраву или его сульфиды (**реальгар и аурипигмент**) научились применять в пиротехнике.

Выдающийся шведский химик Йенс Якоб Берцелиус (1779-1848, с 1820 г. член Петербургской АН), очень увлекался изготовлением фейерверков и считал, что реальгар в пиротехнических составах даёт самый совершенный белый огонь. В этом с ним трудно спорить, даже сегодня, когда мышьяк с этой целью применяется очень ограничено из-за высокой токсичности.

**Сульфиды мышьяка** окрашивают пламя в нежный бледносиний цвет. Их вводят как горючее в составы фейерверков белого огня и для коррекции цветного пламени. Подобно сульфиду сурьмы они усиливают яркость и блеск огня, придают особую чистоту его окраске.

Несмотря на токсичность, до недавнего времени минерал реальгар широко применялся в сигнальных составах жёлтого дыма, в том числе для военных целей.

 ✓ Реальгар в основном состоит из сульфида мышьяка  $\text{As}_4\text{S}_4$  ( $M = 427,9$ ) и представляет собой красные моноклинные сросшиеся кристаллы;  $d_a = 3,506$ ;  $d_b = 3,254$ ;  $t_{\text{пл}}\alpha = 321^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}}\beta = 307^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} = 534^\circ\text{C}$  ( $565^\circ\text{C}$ ); не растворим в воде и органических растворителях; реагирует с сульфидами и гидрокарбонатами. Для промышленного использования его получают в виде переплавленных плиток тёмно-красного цвета, очень твёрдых, подобно стеклу. Измельчённый порошок оранжевого цвета. Применяют как пигмент в красках, добавку при литье дроби, средство для удаления волос, ну и конечно в пиротехнике.

 ✓ Аурипигмент  $\text{As}_2\text{S}_3$  ( $M = 246,02$ ) – красные или оранжевые моноклинные кристаллы;  $d = 3,43$ ;  $t_{\text{пл}} = 310^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} = 723^\circ\text{C}$ ; почти не растворим в воде ( $5 \cdot 10^{-5}\%$ ); не растворим в бензоле и сероуглероде; растворим в этаноле; реагирует со щелочами и карбонатами; компонент специальных стёкол, пигмент для краски.

 ✓ Мышиака (V) сульфид  $\text{As}_2\text{S}_5$  ( $M = 310,14$ ) – оранжевое аморфное вещество;  $t_{\text{пл}} \sim 190^\circ\text{C}$ ; возгоняется с разложением при  $500^\circ\text{C}$ ; практически не растворим в воде ( $3 \cdot 10^{-5}\%$ ) и спирте; применяют в технологии полупроводников и фейерверков.

## 23.32. Золото из металла консервной банки

**О**казывается, для получения «совершенного» белого пламени настоящие пиротехники не жалеют даже золота, правда, не настоящего, а **сусального**, очень похожего на благородный металл.

Вы тоже можете легко синтезировать этот имитатор, сплавляя олово, его амальгаму (2:1) или двуокись SnO<sub>2</sub> (минерал кассiterит) с серой.

Для получения **сусального золота** (больше известного как **оловянная бронза**) приготовим **дисульфид олова** SnS<sub>2</sub>.

 *Бывалые пиротехники с этой целью нагревают на костре до красного каления (350-400°C) чугунный горшок и всыпают в него по ложке приготовленную смесь оловянных опилок с серой (1:1). Выдергивают растопленную массу до прекращения выделения едких серных паров. После остывания получают чёрную массу с кристаллическим изломом и металлическим блеском. Её дробят, просеивают и при необходимости отделяют от частиц непрореагированного олова, маскирующего окраску.*

 *Вынешне наше вещество похоже на золото не больше, чем гири гражданина Паниковского. Но Вы не расстраивайтесь. Даже в таком виде оно нам подходит.*

Неприглядный тёмный цвет продукта также связан с частичным образованием моносульфида олова SnS, который в нашем деле не мешает, но если хотите его исключить, берите в шихту больше серы (1:1,5) и не увлекайтесь нагреванием (выше 500°C дисульфид разлагается, выделяя SnS и серу).

Если же Вы хотите увидеть сусальное золото во всей его благородной красе, воспользуйтесь усовершенствованным рецептом древнекитайских алхимиков.

 *Поместите в фарфоровый тигель смесь 2 г оловянных стружек, 1,5 г прокаленных алюмо-калиевых квасцов и 4 г нашатыря (хлорида аммония). Закройте его герметично крышкой, для чего обмажьте её глиной, а ещё лучше замазкой из мела на силикатном клее. Подождите, пока она засохнет, поместите тигель в муфельную печь, нагретую до 500°C, и*

прогрейте суммарно часов 30 (чем дольше, тем лучше). Остудите и вскройте тигель. На его стенках и крышке сформируются золотые слоистые пластинки, которые Вам понравятся:



 **✓ Олова (IV) дисульфид (сусальное золото, оловянная бронза)**  $\text{SnS}_2$  ( $M = 182,8$ ) – блестящие золотисто-жёлтые тригональные кристаллы;  $d = 4,51$ ;  $t_{разл} > 500^\circ\text{C}$ ; практически не растворим в воде ( $2 \cdot 10^{-5}\%$ ) и разбавленных кислотах; реагирует со щелочами, царской водкой и при нагревании с концентрированной соляной и азотной кислотой; растворим в  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SnCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{S}$ . При умеренном нагревании темнеет, становится чёрным, а при охлаждении восстанавливает окраску. Имитатор золота, пигмент для «золочения» древесины и гипса.

 **✓ Олова (II) сульфид**  $\text{SnS}$  ( $M = 150,8$ ) – блестящие буро-коричневые ромбические кристаллы, проявляющие диамагнитные свойства;  $d = 5,22$ ;  $t_{пл} 882^\circ\text{C}$ ;  $t_{кип} 1230^\circ\text{C}$ ; практически не растворим в воде ( $2 \cdot 10^{-6}\%$ ), разбавленных кислотах и сульфидах аммония; растворяется, реагируя с концентрированной азотной и соляной кислотой, царской водкой, сульфидом аммония, щелочами (в присутствии кислорода). Получают очисткой минерала герценбергита, сплавлением олова с серой при  $\sim 900^\circ\text{C}$ , термическим разложением дисульфида  $\text{SnS}_2$ , обработкой растворимых солей  $\text{Sn}^{2+}$  сероводородом или растворимыми сульфидами.

Иmono-, и дисульфид олова являются неплохими заменителями в пламенных составах токсичных солей сурьмы и мышьяка. В чистом виде эти соли и сам металл Юпитера придают огню бледно-голубую окраску.

### 23.33. Не каждое слабительное сгущает окраску

 Же древние алхимики знали, что минерал **каломель** чернеет при действии аммиака, выделяя металл Меркурия – ртуть. Так его и назвали по-гречески «calos-melos», что означает «чёрный-красивый».

Это соединение обладает слабительным действием с дезинфицирующим эффектом. В Китае уже 3 тысячи лет назад его применяли для лечения сифилиса и проказы.

В фейерверках его стали использовать не с профилактической целью от недугов, а для уничтожения желтоватого и красноватого

оттенков пламени загрязнённой окраски. При этом каломель снижает интенсивность свечения, но делает его гуще.

Термическое разложение этого продукта в пиротехнических составах приводит к образованию токсичных соединений двухвалентной ртути, поэтому сегодня её применяют весьма ограниченно и только на открытом воздухе.



✓ Ртути (I) монохлорид (каломель)  $Hg_2Cl_2$  ( $M = 472,1$ ) – белые, очень тяжёлые тетрагональные кристаллы, которые быстро желтеют при нагревании и даже становятся серыми, выделяя ртуть;  $d = 7,15$ ; твёрдость по Моосу 1-2; сублимирует при  $383^{\circ}C$ ; очень плохо растворяется в воде, этаноле, эфире и ацетоне; растворяется в  $Hg(NO_3)_2$  и горячей концентрированной азотной кислоте.

И не перепутайте, слабит он желудок, а сгущает окраску.

### 23.34. Вездесущий углерод

**С** запасами углерода дела обстоят неплохо. Он встречается в виде природных залежей каменного и бурого угля, обнаружен на межзвёздных просторах нашей галактики и даже присутствует в атмосфере солнца в виде метина  $CH$  и димера  $C_2$ . Но в таком состоянии нам он не подходит.

После того, как сам А. Лавуазье умудрился сжечь алмазы увеличительным стеклом при попытке сплавить в большой кристалл, их применение для фейерверков представляет особую ценность, но дешевле раздобыть порошковый активированный уголь, применяемый в химическом и фармацевтическом производстве.

||| **Активированный (активный) уголь** – чёрный порошок без запаха и вкуса, практически не растворимый в обычных растворителях; представляет углерод с высокопористой структурой; хорошо адсорбирует газы и органические вещества, плохо – воду и аммиак. Получают парогазовой или химической (при присутствии солей металлов, например,  $ZnCl_2$ ) активацией либо карбонизацией древесных и ископаемых углей, древесины или торфа при  $500\text{--}900^{\circ}C$  без доступа воздуха, а также пиролизом синтетических полимеров, в частности, поливинилиденхлорида.

Если Вы человек состоятельный, воспользуйтесь препаратом «Карболен» или «Активированный уголь в таблетках». В качестве связующего вещества эти «очищающие организм» таблетки содержат примесь крахмала и сахара, которые нам не помешают. Будьте осторожны, таблетки активированного угля марки «КМ»

включают белую глину, натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы и окрашивают пламя в жёлтый цвет.

При возможности, воспользуйтесь **граулированным углем** из противогазных баллонов, желательно без следов синильной кислоты и иприта. Можно извлечь уголь из водного фильтра типа «Родничок», но обязательно до его эксплуатации.

**Сажа**, доставляющая немало хлопот хозяевам печей и каминов, свободно продаётся в хозяйственных магазинах под умным названием «**технический углерод**». Она не заменяет древесный уголь, так как её аморфная масса частично имеет структуру графита и горит значительно хуже, зато входит в состав специальных прописей для окраски пламени.

Печная сажа содержит горючее масло, которое при хранении улетучивается, поэтому старый продукт горит хуже и применяется реже.



✓ **Технический углерод (сажа)** – высокодисперсный продукт неполного сгорания или термического разложения углеродсодержащих веществ; обычный состав: С (не менее 90%), Н (0,3-0,8%), О (до 10%), минеральные примеси (до 0,5%). Применяют в качестве наполнителя резин и пластмасс, пигmenta для красок, копировальной бумаги, лент печатных машин и др.

Идеальный древесный уголь для пиротехнических целей Вы сможете приготовить бесплатно дедовским методом. Именно под него рассчитано большинство предлагаемых в книге прописей.



*Тщательно высушенные дрова уложите штабелем на землю и подожгите этот костёр (у юных пионеров и скаутов он называется «колодец»). Как только огонь начнёт ослабевать, накройте костёр железной бочкой, старой вываркой или металлическим ведром (если свой перерабатывающий заводик Вы разместите прямо на свалке, проблемы с оборудованием у Вас не будет). Через несколько часов отберите из золы остывшие угли.*

Продукт должен быть чёрным, хрупким, звонким, блестящим в изломе, при разламывании не пачкать руки и не рассыпаться.

Если Вам предстоит играть роль Отелло в любительском театре, можете перетолочь уголь в ступке, но я бы посоветовал воспользоваться кожаным мешком.



✓ **Древесный уголь** – пористый высокоуглеродистый продукт, образующийся термическим разложением древесины в бескислородной среде; в зависимости от степени отжига бывает чёрного и бурого цвета; его



плотность зависит от сорта исходной древесины, например,  $d_{(из\ ели)} \sim 0,26$ ,  $d_{(из\ березы)} \sim 0,38$ . Состав определяется температурой обугливания, к примеру, при  $t_{разл} 450^\circ\text{C}$  такой уголь содержит 85% C, 3% H, и 12% (O и N). Гигроскопичен.

В фейерверках применяют два вида древесного угля: мелкодисперсный порошок в виде пыли и крупнодробленый диаметром 1-2 мм, получаемый после просеивания измельчённого продукта.

В зависимости от плотности и породы исходной древесины готовят уголь разного качества и назначения. Продукт из мягких пород древесины даёт красивые, светло-жёлтые, блестящие, быстро гаснущие искры, а твёрдых (дуба или ясеня) – долго горящие, красно-бурые. Для фейерверков и изготовления охотничьего пороха лучше всего подходит уголь, получаемый разложением крушины (*Rhamnus*) ольховидной (ломкой), крупноцветковой и даже слабительной, а также ольхи (*Alnus*) белой, серой и бородатой. Не зря крушину в старину называли «пороховым деревом».

С успехом «в порядке убывания» с этой целью применяют чёремуху обыкновенную (*Padus avium*), липу серцевидную (*Tilia cordata*), ель европейскую (*Picea abies*) и сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris*). Надо иметь ввиду, что очень молодые деревья дают много золы, а в старых - древесина неоднородна.

Для приготовления угля можно употреблять лён, пеньку и даже ржаную солому без колосьев, как поступали в старину.

По степени обжига древесный уголь бывает **чёрный, бурый и даже шоколадный**. Каждый из них имеет своё назначение.



- ✓ Чёрный древесный уголь получается при 350-450°C в кусках с чёрносиневатым оттенком. Обычно он содержит до 85% углерода, легко измельчается, горит без пламени и почти не растворяется в щёлочи.
- ✓ Бурый древесный уголь обжигают при 280-320°C. Он содержит 70-75% углерода, обладает красноватым оттенком, измельчается без затруднений, горит с образованием небольшого пламени и частично растворяется в едком кали.
- ✓ Шоколадный уголь готовят при 150-180°C. Он содержит всего 52-54% углерода, при ударе издаёт глухой звук, измельчается трудно, легко воспламеняется с окрашиванием пламени, реагирует со щёлочью.

Обычно, выход чёрного древесного угля составляет 25-30% от массы дров, бурого – 35-40%, шоколадного – 68-70%. Гигроскопичность чёрного угля ~4,5%, бурого – до 7%, а шоколадного – до 15%.

Уголь из деревьев твёрдых пород благодаря высокой плотности используется только для ракет и некоторых искристых составов.



|| По причине гигроскопичности измельчённый древесный уголь и приготовленные на его основе составы хранят в герметичной таре.

### 23.35. Сера – подарок Вулкана

**Ж**е успели достроить пирамиды, а египетские жрецы уже были знакомы с серой и считали её «началом горючести». Серу добывали вблизи средиземноморских вулканов, и одно это вселяло уважение к «жёлтому камню».

Для окуривания жилища от недугов её использовали герои «Одиссеи» Гомера (возможно, нашего крымского земляка киммерийца «сына Иофета»). К этому же сводились рекомендации Плиния Старшего, который по иронии судьбы задохнулся сернистым газом при извержении Везувия.

Сера входила в состав «греческого огня», которым византийцы отгоняли непрошеных гостей. Выдающимся событием было создание на её основе дымного пороха.

Этот элемент весьма распространён в природе в виде многочисленных сульфидов и сульфатов, реже встречается в самородном состоянии.

В детстве мы бегали на железнодорожную станцию и вблизи полотна собирали хрупкие камушки лимонно-жёлтого цвета. При поджигании они красиво горят голубым пламенем, выделяя едкий дым... Перегонкой таких «камушков» и осуществляют очистку серы. Сублимацией её паров получают очень мелкий, нежный порошок «серный цвет», а отливкой в формы – «черенковую серу».

В виде **серного цвета, черенковой, молотой и коллоидальной серы** она и поступает в продажу. «Газовую серу» получают химическим путём из промышленных газов, содержащих сероводород или двуокись серы.

В медицине используют «серу осаждённую» (Sulfur praecipitatum) для наружного применения и «серу очищенную» (Sulfur depuratum) для внутреннего употребления.

✓ Сера  $S_8$  – наиболее устойчивая аллотропная модификация при комнатной температуре ромбическая ( $\alpha$ -форма) лимонно-жёлтого цвета;  $d_a = 2,07$ ;  $t_{пп} 112,8^\circ\text{C}$ ; устойчива до  $95,6^\circ\text{C}$ . Моноклинная сера ( $\beta$ -форма) ме-





дово-жёлтая; она устойчива при 95,6–119°C;  $\phi_b = 1,96$ ;  $t_{пл} 119°C$ . До 160°C молекулы серы 8-атомные;  $t_{кип} 444,6°C$ . Растворима в сероуглероде (29,5%), толуоле, феноле, анилине, бензоле (1,7%), слабо растворима в спирте, не растворима в воде.

При температуре выше 234°C на воздухе сера загорается красивым голубым пламенем.

В составах для фейерверков употребляется только черенковая или очищенная сера. Коллоидальная сера, продаваемая в качестве фунгицидного средства, получается осаждением из воды при очистке коксового или генераторного газа и может по технологии содержать до 30% влаги, а также сопутствующие примеси. И уж ни в коем случае нельзя употреблять серный цвет, потому что он может адсорбировать сернистый газ и воспламенять составы, содержащие бертолетову соль или перманганат калия.

Обязательно перед применением необходимо проверять серу на содержание сернистой кислоты. Для этого готовят из неё густую водную суспензию, дают несколько часов отстояться, насытиться и проверяют индикаторной бумагой среду. «Кислую» серу можно промыть дистиллированной водой и тщательно высушить.

Хорошая сера при сгорании не должна давать более 0,1% золы.



Кусковая сера очень плохо проводит тепло и, если она достаточно чистая, то при её нагревании в руке слышится своеобразный треск, и она даже может рассыпаться. Это надёжное испытание чистоты серы «на слух», как свидетельствуют исторические документы, уже в 1350 г. применялось для оценки её пригодности в технологии дымного пороха.

### 23.36. Камедь вместо янтаря

**К**то не помнит, как в детстве собирал с фруктовых деревьев застывший «клей», очень похожий на капельки янтаря? Это **камедь** (не застывший сок, а продукт перерождения растительных клеток). В жарких и засушливых условиях камеди способствуют накоплению и удержанию растениями влаги.

Они выступают из естественных трещин или надрезов коры деревьев в виде густой, прозрачной, безвкусной массы, высыхающей

на воздухе и превращающейся в прозрачные куски. Камеди состоят из полисахаридов и магниевых, кальциевых и калиевых солей сахарокамедиевых кислот.



В отличие от растительных смол большинство камедей растворимы в воде, но не растворяются в спирте. Кроме того, смолы при сжигании издают благородный аромат, а камеди – запах горелой банкноты в 100 долларов.

От латинского «*gummi*» (камедь) происходит название знаменитой **аравийской камеди** – «гуммиарабика». Её получают из древовидных африканских акаций и мимоз семейства бобовых, растущих в зоне саванн южнее пустыни Сахары. Собранный гуммиарабик «белят» на солнце и сортируют по окраске. Его брутто-формула по Томпсону имеет вид  $\sim C_6H_6O_6$ , главным образом, он состоит из полисахарида арабина. Гуммиарабик медленно растворяется в двойном количестве воды, образуя густую, слегка желтоватую, клейкую жидкость.



**Наша абрикосовая камедь** даже превосходит заморскую аравийскую по вязкости и стойкости. Её собирают со стволов абрикоса обыкновенного, маньчжурского и сибирского, семейства розоцветных, подсемейства сливовых в виде бесцветных или жёлто-бурых твёрдых, просвечивающих напльвов с раковистым изломом. Она полностью растворима в воде, образуя прозрачную, слегка бесцветную, опалесцирующую жидкость слабокислой реакции.

Оба вида камеди применяются в фармации (*Gummi arabicum et Armeniacae*).

При желании Вы сможете заготовить камедь сами за счёт естественного гумолиза (не прибегая к надрезам) плодовых деревьев подсемейства сливовых (*Prunoideae*): слива, черешня, алыча и, конечно, абрикос. Их камедь не уступает импортному гуммиарабику.

 || Имейте в виду, что **вишиёвая** камедь относится к церазиновой группе, не растворяется в воде, а лишь набухает в ней и в пиротехнике не используется.

Даже в водном растворе без консервантов камеди долго не растворяется, но если Вы очень настойчивы, можете дождаться запаха уксуса.

Камеди широко применяют в технологии фейерверков в качестве связующего и горючего средства.

### 23.37. Живичная сера или канифоль

**П**ри повреждении хвойных растений вытекает жидкая прозрачная смола, залечивающая нанесённую рану. Её так и назвали «живица». В течение нескольких дней она густеет и формируется в зернистую массу, усыхая со временем, твердеет и превращается в жёлтый или белый кристаллический наплыв, называемый «баррасом» или «живичной серой». Это и есть **канифоль**.

На практике полугустую живицу плавят, фильтруют, освобождая от загрязнений. Эта фракция называется обыкновенным «терпентином».

Жидкую живицу перегоняют с водяным паром, отделяя эфирное масло (живичный или серный скапидар, терпентинное масло), а в перегнанном кубе остаётся канифоль. Свежая живица содержит около 30% скапидара и 70% канифоли.

 || ✓ Канифоль – крупная стеклообразная смола от светло-жёлтого до тёмно-красного цвета с блестящим изломом;  $d = 1,07-1,09$ ; размягчается при 40-75°C;  $t_{\text{пл}} 100-140^\circ\text{C}$ ; выше 150°C разлагается, выделяя белый дым с ароматным запахом; не растворима в воде; растворяется в эфире, абсолютном этаноле, бензоле, скапидаре; несколько хуже растворяется в бензине и керосине. Содержит смоляные кислоты (80-92%), насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты (0,5-12%), неомыляемые соединения, в основном индифферентный резен (8-20%). Разведенные спир-



товые растворы имеют кислую реакцию. Вкус канифоли горьковатый, запах при растирании терпентиновый. Содержится в сосне, ели, кедре и лиственнице. Получают разгонкой живицы или экстрагированием бензином смолянистой древесины, с последующей отгонкой летучих веществ.

Применяют канифоль в качестве флюса при пайке металлов и для натирания смычков музыкальных инструментов.



Для измельчения канифоли предварительно положите её в морозилку. Можно одеться потеплее и готовить смеси на её основе в холодном подвале, только не забудьте договориться, чтобы снаружи не замыкали дверь.

Имейте в виду, что порошок канифоли в тепле слипается в комки и заготовлять его впрок не всегда рационально.

Канифоль используется в пиротехнике как горючее и пластикатор. Она несколько замедляет скорость горения пиротехнических составов, поэтому применяется в длительно горящих пальцевых свечах, а также в комнатных фейерверках подобно шеллаку.

### 23.38. Резинаты и резина – две большие разницы

**X** отите сделать солнцезащитные очки? К 20 мл горячего 5% раствора гидроксида натрия при перемешивании постепенно добавьте 5 г мелкоизмельчённой канифоли. При нагревании органические кислоты, входящие в канифоль (в основном абетиновая и пимаровая) образуют коричневый раствор резината натрия. Прилейте после остывания к нему раствор, содержащий 14 г медного купороса. Выпадает сине-зелёный осадок **резината меди**, который отфильтруйте, промойте водой и высушите.

**⚠** Растворите полученный продукт в бензоле или гексане и образовавшийся синий раствор нанесите на обезжиренное стекло. Если после высыхания его прокалить полчаса в муфельной печи при 600°C, дело останется только за красивой оправой.

Тонированное покрытие получается очень прочным, так как медь проникает в поверхностный слой стекла.

Резинаты кальция, меди, бария и стронция часто используются в технологии фейерверков в качестве пламеокрашивающего горючего и цементатора.



- ✓ Кальция резинат  $(\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COO})_2\text{Ca}$  – светло-жёлтое твёрдое вещество;  $t_{\text{пл}} 205^\circ\text{C}$ ; не растворим в воде; растворим в ацетатах и ароматических углеводородах; образует гели в уайт-спирите и скипидаре. Получают сплавлением канифоли с известью. Дубящее вещество для кож, сиккатив для производства олифы.

### 23.39. Ничего себе, мастика

**И**ногда её неправильно называют «мастикой». Эта смола содержится в мастиковом дереве семейства сумаховых (*Anacardiaceae*). Добывают **мастикс** в Индии, Южной Америке, а лучшие сорта – в Греции.



- ✓ Мастикс – полупрозрачное твёрдое вещество от желтоватого до зелёного цвета;  $d = 1,04\text{--}1,07$ ; размягчается при  $90\text{--}95^\circ\text{C}$ ; кислотное число (показывает, сколько мг КОН идёт на нейтрализацию 1 г смолы) 50-70; не растворим в воде; растворяется в скипидаре и ароматических углеводородах. Основные компоненты мастикса: смоляные кислоты (42%), инертные углеводороды (50%) и эфирные масла (2-3%).

Смола обладает антисептическим действием, применяется в фармации как связующее для пилюль и основа пластырей. Растворы мастикса в скипидаре используют для покрытия картин и разбавления масляных красок.

Перед измельчением мастикс нужно охладить. Применяют в технологии комнатных фейерверков вместо шеллака как горючий цементатор, не окрашивающий пламя.

### 23.40. У Вас есть акароидная смола?

**И**з западе Индии и в Австралии растёт так называемое «травяное дерево» из семейства лилейных (*Liliaceae*), из которого выделяют особую смолу для ценных лаков.



- ✓ Акароидная смола представляет собой твёрдое вещество жёлтого или красного цвета, растворимое в спиртах и не растворимое в воде. Эта смола размягчается при  $75\text{--}85^\circ\text{C}$ , а плавится в интервале  $110\text{--}134^\circ\text{C}$ . Её кислотное число равно 60-100. Применяют как плёнкообразующую и подкрашивающую добавку к цветным спиртовым лакам.

В пиротехнике акароидную смолу используют как горючее и цементирующее средство. В составах она взаимозаменима со шеллаком или мастиком.

### *23.41. Шеллак – лак из сургуча*

**И**здавна в Индокитае и Индостане добывают природную смолу **штоклак (стиклак)**, которую вырабатывает лаковый червец, паразитирующий на растениях семейства мимозовых (альбиция, акации и др.). На её основе готовят сургуч, а в своё время даже делали патефонные пластинки. Очисткой этой смолы получают **шеллак** или как его называли в старину «**шерлак**», а позже «**гуммилак**».

✓ Шеллак приблизительно отвечает суммарной брутто-формуле  $C_{16}H_{24}O_5$ . Он бывает разного вида от непрозрачных чешуек лимонного цвета до тёмно-красных плиток. Размягчается при  $77\text{--}85^\circ\text{C}$ ;  $d = 1,14\text{--}1,22$ ; не растворим в воде, частично растворяется в спирте (остаток – воск). Состоит из оксикислот, их лактонов и лактидов. Свето- и износостоек, обладает хорошими kleящими свойствами. Шеллак очень твёрд, трудно толчётся, плавится при нагревании на водяной бане.

Для измельчения его осторожно расплавляют, смешивают с расчётным количеством нитрата или другой соли, кроме бертолетовой, и перемешивают до застывания. После этого ещё горячий сплав переносят в ступку и без проблем растирают в порошок.

В нашем деле шеллак в основном употребляют как горючее для комнатных фейерверков вместо серы и в составах сигнальных огней.

### *23.42. Хотите, не верьте, но это даммара*

**О**на представляет собой прозрачную смолистую массу, добываемую из растений вида даммара семейства араукариевых, произрастающих на островах Малайского архипелага.

✓ **Даммара** – стеклообразное бесцветное либо слегка окрашенное вещество без вкуса и запаха; размягчается при температуре  $75\text{--}80^\circ\text{C}$ ;  $d = 1,04\text{--}1,06$ ; не растворяется в воде; растворяется в скапидаре, ксилоле; хуже растворяется в спирте. Компонент масляных и эфироцеллюлозных лаков.

Раствор даммары в скипидаре применяют для лакирования гигроскопичных солей и цементации пламенных составов.

### 23.43. Идитол до реакции был карболкой

**И**стория фенолформальдегидной смолы началась с 1907 г., когда в Бельгийском городишке Бакеленд были получены её первые образцы, а с 1909 г. наложен выпуск. Смолу так и называли «бакелитовой».

- ✓ **Бакелит** – фенолформальдегидная смола резольной стадии полимеризации. Получают поликонденсацией фенола («карболики») с формальдегидом. Растворим в спирте, скипидаре, уайт-спирите. Не растворим в воде. Термореактивен: при нагревании переходит в резитольную или резитную стадию полимеризации, утрачивая пластичность и растворимость. Вместе с наполнителями применяют в производстве пластмассовых изделий. Компонент клея «БФ».
- ✓ **Идитол** – термопластичная фенолформальдегидная смола, брутто-формула которой имеет вид  $C_{48}H_{42}O_7$ . Представляет собой светло-жёлтые кристаллы или стеклообразную массу, легко растворимую в спиртах, ацетоне и феноле. В присутствии гексаметилентетрамина (до 10%) становится термореактивной и не отличается от бакелита. Применяют как связующее для пресспорошков и абразивов, а также в производстве пенопластов и синтетических лаков.

Бакелит и идитол в пиротехнике взаимозаменимы и применяются как горючее и цементирующее средство.

### 23.44. Ли́коподий – порошок молний

**Д**остаточно этот нежный порошок внести в пламя, как последует яркая бездымная вспышка. С глубокой древности, когда о существовании магния ещё не догадывались, **ли́коподий** научились применять в пиротехнике для создания световых эффектов.

- ✓ **Ли́коподий** представляет собой споры плауна булавовидного (*Lycopodium clavatum*) – многолетнего, вечнозелёного стелющегося по земле растения. По внешнему виду – это очень мелкий, бархатистый, однородный, сыпучий светло-жёлтый порошок; не гигроскопичный, без вкуса и запаха, жирный на ощупь, пристаёт к рукам, на поверхности воды или хлороформа плавает не смачиваясь, в скипидаре и спирте тонет.

За этим чудесным порошком укрепилось множество названий: «пылёнка», «пыхучка», «деряба», «деряга» и даже «поплавушка».

Характерно, что ликоподий активно горит только во взвешенном состоянии. В компактном же виде он загорается с большим трудом, и осуществить эту процедуру с одной спички Вам вряд ли удастся.

Заготовляют этот порошок, срезая и высушивая созревшие колоски плауна, либо покупают его в аптеке трав. Для пиротехнических целей также подходят споры плауна годичного (*L. annotinum*) и сплюснутого (*L. anceps*).

Применяют его для изготовления театральных огней и молний.

Ещё в XVIII в. известный учёный Адам Олеарий описал применение ликоподия для увеселительных развлечений. Его засыпали в трубку и выдували через пламя, формируя огненную струю. Чтобы пламя вырывалось с шумом, наши соотечественники к нему подмешивали мелкоизмельчённую сухую берёзовую листву.

До недавнего времени этот порошок широко использовался для обсыпки пилуль и в качестве детской присыпки.



### 23.45. От қиселя до фейерверка

**С**ейчас трудно сказать, кто первый выделил этот чудесный продукт, но Плиний утверждал, что это были жители острова Хио, а греки как всегда первыми успели придумать ему название «камилон». Дело в том, что с их точки зрения **крахмал** являлся мукой, которую можно было приготовить без мельницы («а» – без, «милос» – жерновов).



- ✓ **Крахмал ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>** – резервный полисахарид, образующийся в процессе фотосинтеза в листьях растений. По внешнему виду это белый, «хрупкий» на ощупь нежный порошок без запаха и вкуса, не растворимый в холодной воде, спирте, эфире и других органических растворителях. В горячей воде крахмальные зёрна набухают, лопаются, и образуется клейстер. Крахмальное зерно по составу неоднородно и состоит из амилопектиновой оболочки и амилозы.
- ✓ **Амилопектин** – фосфорный эфир полимерной «разветвлённой»  $\alpha$ -D-глюкопиранозы со связью 1→6, окрашивается йодом в красно-фиолетовый цвет.
- ✓ **Амилоза** – линейный полимер  $\alpha$ -D-глюкопиранозы с типом связи 1→4, окрашивается йодом в синий цвет.

«Суммарная» окраска крахмала с йодом фиолетовая, при нагревании она обесцвечивается, а при охлаждении появляется вновь. Чувствительность этой реакции 1:500000.

Вырабатывают 4 основных сорта крахмала: картофельный, рисовый, пшеничный и кукурузный или майсовый. Нам подходят все.

В пиротехнике крахмал применяется как горючее и kleящее средство.

### 23.46. Правый клей декстрин

**«Декстрины»** – это общее название гидролизных полисахаридов. Их название происходит от латинского «dexter» – правый, так как именно в эту сторону они врачают плоскость поляризованного света.

Так называемый «пределенный декстрин» образуется в результате ферментативного гидролиза крахмала под действием  $\beta$ -амилазы.

**Иконка** || ✓ **Декстрин из крахмала** получается в виде белого, иногда буроватого порошка. Хорошо растворяется в воде, образуя густую клейкую массу. С йодом в зависимости от степени гидролиза даёт синюю, фиолетовую, кирпично-красную или жёлтую окраску.

Широко употребляется в пиротехнике вместо гуммиарбика для склеивания составов, в частности, огненных звёздок.

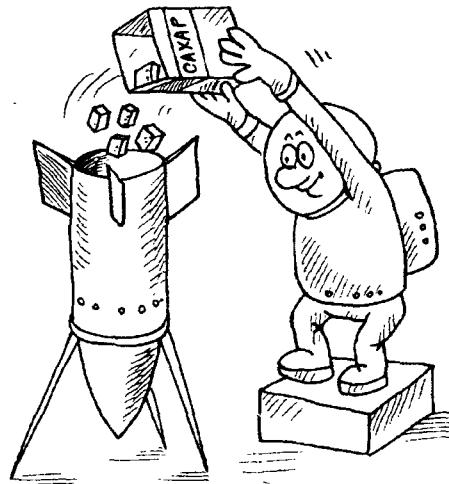
### 23.47. Карамельное топливо

**Сахароза** из тростника (или просто сахар) была известна с глубокой древности, но как описывает Плиний, применялась лишь

в лечебных целях при импотенции и упадке сил, а таким людям, как известно не до фейерверков.

В начале XVI в. сахарный тростник завезли в Вест-Индию на острова Карибского архипелага (у нас такой сахар по старинке называют «кубинским»). В то же время, Сала в своей знаменитой «Сахарологии» приводит способы его переработки.

Технологию кристаллического свекловичного сахара в 1747 г. предложил Маркграф, а Ахард в 1796 г. организовал его производство.



**✓ Сахароза ( $\alpha$ -D-глюкопиранозил- $\beta$ -D-фруктофuranозид, свекловичный или тростниковый сахар)**  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ( $M = 342,3$ ) – бесцветные моноклинные кристаллы. Невосстановливающий полисахарид сладкого вкуса;  $t_{\text{пл}} 169\text{--}170^{\circ}\text{C}$ ; хорошо растворим в воде ( $179\%$ ;  $487\%$ <sub>100</sub>); растворим в пиридине и этилацетате; мало растворим в этаноле (0,9%) и метаноле. При  $190\text{--}200^{\circ}\text{C}$  карамелизуется; с гидроксидами щелочных и щелочноземельных металлов образует сахараты. При нагревании в присутствии минеральных кислот гидролизуется с образованием смеси D-глюкозы и D-фруктозы (инвертный сахар).

В фейерверках сахар применяют в качестве прекрасного горючего средства. Кстати, многие бывалые пиротехники свои первые «детские» ракеты, после «лилипуток» из горючей фотоплёнки, делали на знаменитой селитрово-сахарной смеси (3:2).

### 23.48. Горючее из молока

**С**торонники ошибочной теории флогистона считали, что сахара состоят из кислоты и горючего начала, а в доказательство приводили **молочный сахар** – лактозу, разложением которой Карл Шееле (1776) получил «молочно-сахарную» (щавелевую) кислоту. Кроме того, она действительно прекрасно горит в присутствии окислителей.

Первое упоминание о получении кристаллического сахара из молока встречается у Бартолетти (1619), а Тесси (1698) даже посвятил ему монографию.



✓ **Лактоза** ( $4\text{-O-(}\beta\text{-D-галактопиранозил)\text{-D-глюкопираноза}$ , молочный сахар)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}\cdot\text{H}_2\text{O}$  ( $M = 360,3$ ;  $M_{6,4} = 342,3$ ) – бесцветные ромбы;  $d = 1,525$ ; имеет  $\alpha$ - и  $\beta$ -форму;  $t_{\text{пл}} \delta_{\text{в}} [\alpha] = 201^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}} \delta_{\text{в}} [\beta] = 252^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$ -форма хуже растворяется в воде ( $17\%^{20}$ ,  $24\%^{100}$ ), чем  $\beta$ -изомер, поэтому в производстве выпадает первой и в основном представляет этот продукт. Растворима в 96% этианоле (0,09%) и пиридине; не растворима в абсолютном этианоле и эфире. Не гигроскопична. Слабо-сладковатого вкуса.

Применяется в пиротехнике в качестве негигроскопичного горючего компонента, особенно в дымовых составах.

### 23.49. Антрацен и три мушкетёра

**K**огда Вы смотрите исторические фильмы про войну, то вряд ли вспоминаете «Трёх мушкетёров», а напрасно. В 1832 г. Дюма (1800-1884) (правда, не «отец» и тем более не «сын», а химик-однофамилец) совместно с О. Лораном (1807-1853) выделили «паранафталин» (**антрацен**) из каменноугольной смолы. Без этого конденсированного углеводорода в современном кинематографе не обходится ни одна батальная сцена, так как именно он проще всего позволяет получить тёмно-серый и даже чёрный дым.



✓ **Антрацен**  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$  ( $M = 178,2$ ) – бесцветные моноклинные кристаллы из этианола, а чаще желтоватые пластинки с голубоватой флуоресценцией;  $d = 1,25$ ;  $t_{\text{пл}} = 216^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} = 342^\circ\text{C}$  ( $351^\circ\text{C}$ ); возгоняется; мало растворим в этианоле ( $0,076\%^{16}$ ,  $0,83\%^{78}$ ), эфире (1,2%), хлороформе (1,7%), сероуглероде (1,5%); растворим в горячем бензоле, толуоле; не растворим в воде. Раздражает кожу, слизистые оболочки, в том числе дыхательные пути.

Главный компонент маскировочных дымов.

### 23.50. Топим печи нафталином?

**B**ам не приходилось видеть, чтобы в каменном угле заводилась моль? Мне тоже. Может всё дело в том, что первым ароматическим углеводородом, выделенным из каменноугольной смолы, был нафталин?



✓ **Нафтилин (нафтален)  $C_{10}H_8$**  ( $M = 128,2$ ) – твёрдое белое кристаллическое вещество с характерным запахом; бесцветные моноклинные пластиинки из этанола;  $d = 1,168$ ;  $t_{\text{пл}} 80,3^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} 218^\circ\text{C}$ ; возгоняется ниже точки плавления ( $\sim 50^\circ\text{C}$ ); мало растворим в воде (0,003%), растворим в этаноле (9,5%) и бензole (40,2%); хорошо растворим в эфире, хлороформе и четырёххлористом углероде. Инсектицид, ПАВ.

Нафтилин относится к горючим пиротехническим компонентам. Употребляется при создании огневых и особенно дымовых смесей.

По этой же причине в дымоходах моль тоже не заводится.

### *23.51. Заправимся стеариновой свечкой*

**Π**о-гречески «stear» означает жир. Путём перегонки и кристаллизации продуктов гидрирования хлопкового и подсолнечного масел или животных жиров из технической стеариновой кислоты делают стеариновые свечи.



✓ Стеарин – твёрдая, полупрозрачная масса, жирная на ощупь;  $d = 0,839$ ;  $t_{\text{пл}} \sim 70^\circ\text{C}$ ; состоит в основном из стеариновой (октадекановой) кислоты  $C_{17}H_{35}\text{COOH}$  с примесью пальмитиновой и олеиновой; практически не растворим в воде (0,034%<sup>25</sup>; 0,1%<sup>37</sup>); растворим в этаноле (2,5%<sup>20</sup>; 19,7%<sup>40</sup>), хлороформе, четырёххлористом углероде, бензоле и толуоле; хорошо растворим в эфире. Применяют в мыловаренной, бумажной, резиновой и текстильной промышленности.

Стеариновая свечка не покажется кислой на вкус, даже если придётся съесть её целиком, однако синяя лакмусовая бумажка от её расплавленной капли краснеет. Это свойство позволяет отличить стеариновые свечи от парафиновых и восковых.

В пиротехнике используют стеарин как горючую основу (например, при изготовлении звёздок), цементирующий и флегматизирующий компонент.

### *23.52. Металлом в работу*

**М**ногие металлы входят в пиротехнические смеси. Чаще остальных применяются магний, алюминий, цинк, медь и железо. В искристых составах их употребляют в виде порошка, а для пламенных композиций – в виде пудры и даже ртутной амальгамы.

**Магний** используется при устройстве фейерверков в виде серебристо-серого порошка или, реже, нарезной ленты. Горит ослепительно-белым с тонкой желтизной пламенем. Применяется для увеличения светосилы цветных и осветительных составов. На воздухе окисляется и со временем теряет горючесть, особенно в присутствии сильных окислителей. Подобные смеси склонны к самовозгоранию, поэтому магний парафинируют, нагревая на слабом огне с парафиновыми стружками (до 3%), тщательно перемешивая до полного остывания. Магниевые составы относятся к категории «сильнодействующих», поэтому их готовят в небольших количествах.

**Алюминий** в виде лёгкого серебристо-белого порошка или пудры вводят в пиротехнические составы для усиления их свечения либо для создания искристых фонтанов ярко-белого огня. Алюминиевые термитные смеси в практике фейерверков используются редко, да и то с осветительной целью.

**Цинк** применяется в виде пыли, зёрен, полосок и даже ртутной амальгамы в составах искристого и пламенного огня, которым придаёт голубовато-зеленоватый цвет, а также для изготовления смесей белого дыма. В контакте с сильными окислителями, например, с йодом в присутствии влаги самовоспламеняется. Для составов длительного хранения цинковый порошок парафинируют. Пиротехнические смеси с цинковой амальгамой не хранятся, весьма токсичны и сегодня, несмотря на красоту, применяются весьма редко.

**Медь, латунь и бронза** вводятся в искристые составы в виде мелких опилок и сгорают в пламени голубыми или зеленоватыми искорками.

**Железо, чугун и сталь** в пиротехнике используются наиболее широко. Их применяют в виде опилок, нарезанной тонкой проволоки (так называемых «лионских нитей») или толчёного порошка. Они входят в самые разные составы искристого огня. В зависимости от природы пиротехнической смеси, способа её скижания и размера железных частиц цвет искр меняется от светло-жёлтого до тёмно-красного. Железные опилки быстро окисляются в смесях с селитрой, коррозируют в присутствии серы, поэтому в составы их вводят парафинированными или воронёными, к примеру, прожаренными в льняном масле.

### 23.53. Облачо покрасим синькой

**Е**го называют по разному: «метиленовый синий», «метиленовый голубой», «метиленовая синь», а по простому даже «синька», хотя в чистом и сухом виде он представляет собой коричневый порошок с бронзовым отливом. Этот основной тиазиновый краситель легко растворяется в воде, спирте и хлороформе с образованием тёмно-синего раствора. Он окрашивает хлопок и шёлк в ярко-голубой цвет, малоустойчивый к действию солнечного света. Хороший антисептик, антидот при отравлениях цианидами и угарным газом, также используется для изготовления цветных карандашей и полиграфических красок (с хлоридом цинка).

Применяют в составах синего дыма.

### 23.54. Джинсовый туман

**Е**щё древним грекам был известен этот синий краситель, которым сегодня красят джинсы, хотя вначале **индиго** применялся в медицине как антисептик, а позже, как краска в живописи. Его получали из вайды красильной (*Isatis tinctoria*). После открытия морского пути в Индию (XVI в.) приток индиго в Европу резко увеличился, что позволило широко использовать его для окраски тканей. Новым сырьём для его добычи послужили тропические растения рода индигофера (*Indigofera tinctoria*), содержащие индикан, глюкозид индоксила, синеющий при окислении. Оказывается, с 1577 г. ввоз импортного индиго в Германию и почти одновременно во Францию и Англию был законодательно запрещён, так как лишал доходов производителей отечественного красителя из вайды.\*

- ✓ **Индиго (индиготин)**  $C_{16}H_{10}N_2O_2$  – тёмно-синие с медным отливом кристаллы;  $t_{\text{пл}}$  390–392°C с разложением; растворяется в анилине, нитробензоле, хлороформе, ледяной уксусной кислоте, концентрированной серной кислоте; не растворим в воде, спирте, эфире и растворах щелочей.
- ✓ **Индигокармин (динатриевая соль индиго-5,5'-дисульфокислоты)** – синие кристаллы, растворимые в воде; получают нагреванием индиго в концентрированной серной кислоте. Неустойчив к действию света. Применяют для приготовления чернил и красок, пищевой краситель, кислотно-основной индикатор (при pH 11,6 меняет цвет на жёлтый).

Используют в технологии синих дымовых шашек.



## 23.55. Нитроанилины для оранжевого дыма

**Э**то вещество известно как краситель азоамин красный Ж. В пиротехнике наряду с орто-изомером его используют в составах жёлтого и оранжевого дыма.



✓ **n-Нитроанилин** (азоамин)  $4\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$  представляет собой жёлтые моноклинные иглы из этанола;  $d = 1,424$ ;  $t_{\text{пл}} 148^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} 331,7^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{разл}} 336^\circ\text{C}$ ; растворим в воде (0,08%<sup>19</sup>; 2,2%<sup>100</sup>), бензоле (0,579%<sup>25</sup>), этаноле (6,05%<sup>25</sup>), эфире (4,39%<sup>25</sup>), толуоле, хлороформе и ацетоне; хорошо растворим в метаноле. Применяют в производстве активных красителей, оптических отбеливателей, а также как стабилизатор газолина и ингибитор коррозии. Вызывает раздражение слизистой оболочки.

## 23.56. Краска для заката солнца

**Х**ризоидин (гидрохлорид 2,4-диаминоазобензола) представляет собой низкоплавкие ( $t_{\text{пл}} 117^\circ\text{C}$ ) красно-коричневые с зеленоватым оттенком кристаллы, растворимые в воде и спирте, но не растворимые в эфире. Он относится к группе диазакрасителей. Применяется для окрашивания в золотистый и оранжевый цвет кожи, бумаги и хлопка, а также приготовления полиграфических красок.

Хризоидиновый краситель окрашивает дымовые составы в ма-линово-красный цвет, от чего они вполне напоминают «закат солнца в тучу».

## 23.57. Я рисую алую зарю

**Р**одамины относятся к группе аминоксантовых красителей. Их окраска отличается яркостью, но невысокой светопрочностью. Применяют для окраски не текстильных материалов, а также в производстве чернил, карандашей, сигнальных красок.



- ✓ **Родамин С** (родамин В) – красно-фиолетовые кристаллы;  $t_{\text{пл}} 210\text{--}211^\circ\text{C}$  с разложением; растворим в воде, спирте и ацетоне.
- ✓ **Родамин 6Ж** – фиолетовые кристаллы, растворимые в воде и спирте. Люминесцентный кислотно-основной индикатор.
- ✓ **Родамин Б** – красные кристаллы или тёмно-зелёный порошок;  $t_{\text{пл}} 173^\circ\text{C}$ .

Все описанные родамины подходят для изготовления сигнального дыма малинового и алоого цвета.

### *23.58. У него жёлтая аура*

**А**уранин является красителем дифенилметанового ряда. Его применяют в технологии ярко-жёлтых дымовых шашек. Также, в зависимости от состава, он может придавать дыму зеленоватый оттенок.



- ✓ Ауранин представляет собой жёлтые «хлопьевидные» кристаллы солянокислой соли ( $M = 321,9$ ), растворимые в воде, спирте и медицинском эфире. Его окраска отличается малой устойчивостью к действию света и щелочей.
- ✓ Соответствующее ему основание ( $M = 267,4$ ) кристаллизуется из этанола в виде жёлтых листочек;  $t_{\text{пл}} 136^{\circ}\text{C}$ ; не растворимо в воде; растворимо в этаноле (7,0%<sup>25</sup>) и эфире (2,31%<sup>25</sup>).

### *23.59. Вымажем небо зелёной*

**В**ерные синтез красителей трифенилметанового ряда осуществлён в лаборатории Кекуле. Бриллиантовый зелёный, или как его иногда называют «основной ярко-зелёный», применяется в виде хлорида, сульфата и оксалата. Его окраска малоустойчива к действию солнечного света и весьма быстро выгорает. Применяют это вещество в качестве антисептика (спиртовый раствор его оксалата и есть знаменитая «зелёнка»).

Иногда его используют в составах зелёного дыма.

### *23.60. И квасцам нашлась работа*

**М**ногие соли издавна применялись для проправы при нанесении окраски. В их числе знаменитые «Римские квасцы», которые вывозились из Италии, где добывались в Тольфе недалеко от селения Чивиты-Веккьи. После установления их строения первые заводы по производству алюмо-калиевых квасцов были построены во Франции и Англии.



- ✓ Алюмо-калиевые квасцы (калия-алюминия сульфата додекагидрат)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  ( $M = 948,8$ ) – бесцветные правильные октаэдры, состоящие из пирамид, соединённых основаниями или моноклинные кристаллы;  $d = 1,75$ ; твёрдость по Моосу 2; при  $64,5^\circ\text{C}$  превращается в тригидрат; окончательно обезвоживается выше  $105^\circ\text{C}$ .
- ✓  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$  ( $M = 516,4$ ) – белые расплывающиеся на воздухе тригональные кристаллы;  $d = 2,75$ ; растворим в воде ( $3,0\%$ <sup>0</sup>,  $4,0\%$ <sup>10</sup>,  $5,9\%$ <sup>20</sup>,  $7,23\%$ <sup>25</sup>;  $8,39\%$ <sup>30</sup>,  $11,7\%$ <sup>40</sup>,  $17\%$ <sup>50</sup>,  $25\%$ <sup>60</sup>,  $40\%$ <sup>70</sup>,  $71\%$ <sup>80</sup>,  $109\%$ <sup>90</sup>,  $119\%$ <sup>93</sup>); не растворим в этаноле.

Квасцы, несмотря на гигроскопичность, иногда применяют для приготовления голубых пиротехнических огней. Их тщательно про-каливают, а готовые смеси долго не хранят.

Главное их назначение в технологии фейерверков состоит в придании огнеупорных свойств бумажным гильзам.

В своё время алюмо-калиевые квасцы активно использовали для создания пирофорных смесей (Гомбергов пирофор).

### 23.61. Масло из сосны

**Е**сть масло оливковое, есть подсолнечное, но, оказывается, существует и сосновое. Сам Диоскорид во II в. описал получение этой чудесной жидкости примитивной перегонкой живицы. Правда, с его подачи этот продукт несколько веков не отличали от спирта и даже ласково называли «терпентиновый спирт», но употреблять внутрь, к счастью, не решались.



✓ Скипидар (очищенное терпентиновое масло, *Oleum Terebinthinae rectificatum*) – бесцветная или желтоватая жидкость со смолистым запахом и жгучим вкусом; при температуре  $170^\circ\text{C}$  отгоняется не менее 92% жидкости (при  $150-170^\circ\text{C}$  – 80-90%);  $d = 0,852-0,864$ ;  $t_{\text{бен}} 34-38^\circ\text{C}$ ; температура самовоспламенения  $254-300^\circ\text{C}$ ; не растворим в воде, смешивается во всех соотношениях с эфиром, хлороформом, бензином и жирными маслами; растворяется в спирте (1:12 или 8,3%)<sup>25</sup>). Представляет сложную смесь терпеновых углеводородов общей формулы  $C_{10}\text{H}_{16}$ :  $\alpha$ -пинена 60-70%,  $\beta$ -пинена 6-8%, дипентена 4-6%, карена 10-18% и камфена 2-3%. Высококипящие фракции ( $170-220^\circ\text{C}$ ) называют «хвостами скипидара».



Получают из смолистой древесины отгонкой и экстракцией, а также разгонкой живицы в производстве канифоли.

Растворитель, сырьё в производстве камфоры и терпингидрата, раздражающее средство для растирок в медицине.

В пиротехнике применяется для лакирования гигроскопичных составов.

## 23.62. Клейстер, как недостающее звено

**К**лейстер готовят из крахмала или муки обычно в концентрации от 1:10 до 1:7. Порошок размешивают в холодной воде до однородной взвеси, разводят кипятком и нагревают, не доводя до кипения. Либо тщательно размешивают крахмал или муку до вида густого молока или даже жидкой сметаны и нагревают при помешивании до тех пор, пока жидкость не загустеет и станет прозрачной. Имейте в виду, что при остывании клейстер слегка густеет.

Иногда для увеличения клейкости в него добавляют столярный либо обойный клей или ПВА.

Клейстер долго не хранится и, для предохранения от закисания, в него включают немного квасцов, формалина или карболки (10% раствор фенола).

## 23.63. Обыкновенная глина

**Д**ля пиротехнических целей вполне пригодна жирная на ощупь глина практически любого цвета от светлого каолина до красного болюса, хотя чаще приоритет отдают белой разновидности. Её следует хорошо просушить, измельчить и просеять. Она применяется для изготовления огнеупорных пробок, служит материалом для некоторых типов гильз, а иногда даже используется в мелкоискристых огненных составах.

Вот, пожалуй, и все необходимые химические компоненты для фейерверка.

# Глава 24. Добро пожаловать в число посвящённых

## 24.1. Азбучные истины

**П**ритягательный, магический эффект фейерверков, не оставляющий места равнодушию, связан с гипнотическим воспри-

ятием пиротехнического огня и уходит корнями в наше звериное прошлое.

В основе горения пиротехнических составов лежат сложные окислительно-восстановительные реакции и для того, чтобы взаимодействие веществ проходило энергично, необходимо брать их в строго определённой пропорции.

В технологии фейерверков важное место занимают так называемые **«основные смеси»**, составляющие базу пиротехнических составов.

Из тройных основных смесей, главным образом, употребляется **дымный порох**, содержащий селитру, серу и древесный уголь (75:12,5:12,5, сост. 20, табл. 7). В фейерверках он применяется либо в гранулированном виде для шлагов и петард, либо в виде так называемой **«мякоти»** - тонкого порошка, как самая сильная основная смесь.

В ракетных и форсовых составах содержание древесного угля в пороховой массе увеличивают для повышения объёма выделяющихся газов за счёт сопутствующего образования окиси углерода, и они больше приближаются по содержанию к **«русскому военному пороху»** (75:10:15, сост. 21).

Значительная часть пиротехнических составов представляет пороховую смесь, содержащую пламенные добавки, замедлители горения и вещества для образования искр.

Арсенал двойных основных составов для фейерверков более разнообразный (табл. 41).

**Селитра-серы** (76:24, сост. 803) – входит во многие пиротехнические составы, чаще всего с древесным углем, сульфидом сурьмы (III) или пороховой мякотью, уменьшая скорость их горения. Самостоятельно эта смесь воспламеняется лишь при температуре красного каления и медленно сгорает блестящим белым пламенем:



Композиция **селитра-уголь** бывает двух типов. Смесь I (87:13, сост. 804) употребляется для уменьшения скорости горения пиротехнических составов. Смесь II (81:19, сост. 805) представляет основание многих сильных искристых составов:



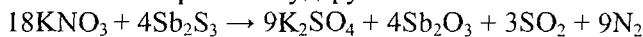
**Таблица 41. Основные (базовые) пиротехнические смеси**

%	№	20	21	35	43	803	804	805	806	807	808
Калия нитрат		75	75			76	87	81	58		
Калия хлорат				72	74					77	52
Сера		12,5	10	28		24					
Сурьмы (III) сульфид									42		48
Уголь древесный		12,5	15				13	19		23	
Сахароза					26						

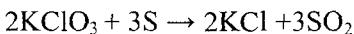
  

%	№	809	810	811	812	813	814	815	816	817
Калия хлорат						75	88	84		
Калия перхлорат					68					
Бария нитрат			80							87
Бария хлорат				76						
Стронция нитрат		77							85	
Сера		23	20	24	32					
Крахмал						25				
Стеарин							12			
Шеллак								16	15	13

**Селитра-антимоний** (58:42, сост. 806) включает сульфид сурьмы (III) и употребляется при составлении цветных огней. Эта смесь чувствительна к трению и удару:

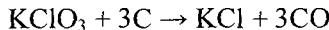


**Бертолетова соль-сера («хлоркаль-сера», «смесь Матюкевича»)** (72:28, сост. 35) входит в состав большинства рецептов цветных огней, требующих быстрого воспламенения. Для этого её смешивают с веществами, замедляющими горение и производящими яркое окрашенное пламя. Готовя эту смесь, следует быть очень осторожным: в присутствии угля, древесных опилок, сульфида сурьмы и других горючих веществ она взрывается от трения или удара, в присутствии сильных кислот воспламеняется:



Смесь зажигается легко, горит быстро с образованием блестящего, синеватого пламени.

**Бертолетова соль-уголь («хлоркаль-уголь»)** (77:23, сост. 807) – сильный пиротехнический состав, в который вводят вещества для замедления его энергичного горения. В чистом виде относится к фрикционным составам. Легко воспламеняется от трения и удара, сгорает крайне быстро:



**Бертолетова соль-антимоний («хлоркаль-антимоний») (52: 48, сост. 808)** ещё легче воспламеняется от удара и трения, является одним из первых «запальных» составов в производстве капсюлей (белый ударный порох):



Приготовление составов фейерверков производят посредством смешивания двойных основных смесей между собой, добавления к ним замедляющих компонентов или примешивая их к пороху.

Те из них, которые горят быстро, называются **«сильными»** и наоборот. При сгорании сильных составов, выделяющих большой объём пороховых газов, развивается реактивная сила, почему их ещё называют **«форсовыми»**. Такие смеси применяют для снаряжения движущихся пиротехнических фигур, например, ракет, колёс, форсов, швермеров, лиусинов, пчёлок и жаворонков.

Если термическое разложение пиротехнической смеси сопровождается выбросом твёрдых раскалённых частиц, такие составы называются **«искристыми»**.

**«Слабые»** составы, как правило, при горении дают только яркий огонь, почему и называются **«пламенными»**.

Существуют и так называемые **«средние»** составы, производящие двойное пламенно-искристое действие. Помимо более распространённых искристых **«быстрых»** составов, в фейерверках применяются и пиротехнические смеси, получившие название **«тихих»**.

От **сильных искристых составов** кроме быстроты сгорания требуется активный выброс газов и отсутствие спекающихся шлаков. Лучше всего для этой цели подходит пороховая мякоть, скорость горения которой замедляют ослабляющими смесями или отдельными веществами.

Так, углевые крупноискристые составы получают, смешивая дымный порох с зернистым углем, полученным из крепких пород деревьев. В пороховую массу вводят 9-27% «крупного» древесного угля размером 0,5-2 мм, который, раскаляясь, сгорает от кислорода воздуха, оставляя искристый шлейф. Быстрота горения таких составов уменьшается с добавлением угля. При хранении в открытом виде они частично теряют силу, поглощая атмосферную влагу.

Обычно, **селитро-серные** составы для фейерверков готовят ослаблением пороховой мякоти основной **селитро-серой**. Сильные смеси содержат 7-12%, а средние 5-7% угля. Огненная лента от таких горящих составов получается гораздо короче, чем от углевых.

**Опилочные составы** получают смешиванием двух предыдущих со стружками или опилками, как деревянными, так и металлическими. Опилки вводят из расчёта: вместо одной весовой части угля – две части металлических стружек. Большинство подобных смесей относятся к категории **искристо-пламенных двойных составов**, так как раскалённые примеси выбрасываются из горящей массы в виде бриллиантово-искристой ленты.

**Селитро-углевые** пиротехнические составы готовят ослаблением сильной основной **селитро-угольной** смеси опилками либо древесным углем. Горючих примесей должно быть вдвое меньше, чем при использовании с этой целью пороховой мякоти, так как эта смесь слабее.

**Сильные пламенные** составы отличаются от искристых тем, что вместо ленты из искр дают при горении цветное пламя. Иногда их называют «составами с двойной лентой». Готовят их так же, как и сильные искристые, только древесный уголь используют самый мелкий из мягких пород деревьев.

Чаще основанием для белых и жёлтых пламенных составов служит смесь **селитро-сера**, а для цветных и бенгальских огней – **хлоркаль-сера**.

Белые огни получаются прибавлением к **селитро-серной** смеси мелкого угля или мякоти с таким расчётом, чтобы содержание угля составляло 1-3%, причём, с повышением концентрации углерода в этом интервале быстрота сгорания увеличивается. Яркость такого огня возрастает при замене угля антимонием (не более 5% от общей массы).

Составы ослепительно белого цвета готовят, объединяя **основные смеси селитро-сера** (сост. 803) и **хлоркаль-антимоний** (сост. 808).

Для изготовления жёлтых пламенных огней смешивают составы **селитро-сера** (сост. 803) или **хлоркаль-сера** (сост. 35) с солями натрия (оксалатом, ацетатом или обезвоженным карбонатом).

Составы красного пламени чаще всего получают, ослабляя основную смесь **строициан-сера** (77:23, сост. 809), содержащую нитрат стронция, смесью **хлоркаль-сера**. Также для формирования оттенков красного и розового цвета применяют соли лития и кальция.

Композиции зелёного огня готовят, ослабляя смесь **хлоркаль-сера** основным **барито-серым** составом (4:1, сост. 811), содержащим 80% нитрата бария или составом **хлорбарит-сера** (76:24, сост. 812), включающим хлорат бария.

Добавляя к составу **хлоркаль-сера** соли меди (карбонаты, сульфиды, аммиакаты или ацетаты) получают пиротехнические смеси синего и голубого огня.

Смешивая составы красных и синих огней, готовят смеси фиолетового пламени, а красных и жёлтых – оранжевого.

Все пиротехнические составы с серой становятся более безопасными, если вместо бертолетовой соли используется перхлорат калия (содержание серы в этом случае увеличивают на 1/9 от массы перхлората). Чувствительность таких составов к механическому воздействию значительно ниже, горят они ярче, но температура их воспламенения тоже увеличивается, что необходимо обязательно учитывать.

При сжигании театральных или комнатных огней серу в основных смесях замещают горючими органическими веществами, например, основными бертолетовыми смесями:

**бертолетова соль-сахар** (74:26, сост. 43),

**бертолетова соль-крахмал** (75:25, сост. 813),

**бертолетова соль-стеарин** (88:12, сост. 814),

**бертолетова соль-шеллак** (84:16, сост. 815).

К ним добавляют окрашивающие составы:

для красного огня – **нитрат строиция-шеллак** (85:15, сост. 816);

для зелёного огня - **нитрат бария-шеллак** (87:13, сост. 817).

Пламя становится очень ярким при введении в пиротехнические составы до 3% опилок магния или алюминия, но интенсивность цветной окраски резко падает.

В последнее время становятся весьма популярными **бездымные цветные огни на основе пироксилина**. Технология их изготовления предложена нашим соотечественником И. Гореловым ещё в

XIX в. и за это время изменилась незначительно. На одну весовую часть измельчённой пироксилиновой мезги добавляют 5-10 частей «окрашивающих» хлоратов и в половину меньше нитратов, а для яркости примешивают 3-5% порошка магния или алюминия. Эту смесь смачивают спирто-эфирным раствором (1:2 по объёму), а из полученного теста формируют свечи и огненные звёздки, которые припудривают пороховой мякотью и сушат не менее суток.

Также в практике фейерверков применяются составы спиртовых огней, цветных дымов, зажигательных фитилей, палильных свечей и даже звуковой имитации.

Для удобства пользования подробное описание пиротехнических составов приведено в соответствующих разделах книги, исходя не из их природы, а согласно функциональному назначению.

## *24.2. Секреты кулинарной обработки*

*И* так, Вы вооружены подробным кулинарным руководством, необходимые материалы у Вас под рукой, попробуем приготовить что-то интересное.

Прежде чем приступить к изготавлению пиротехнических составов, используемые ингредиенты необходимо подвергнуть предварительной обработке.

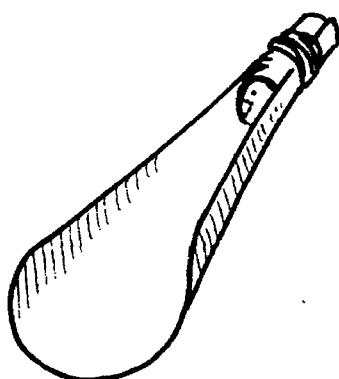


Большинство применяемых компонентов, а тем более склонных к гидратообразованию, нуждается в тщательном обезвоживании. Обычно, эту процедуру проводят нагреванием веществ выше 110-

120°C. Делать это необходимо очень медленно, тщательно перемешивая их, не допуская плавления в кристаллизационной воде. Если продукт до обработки влажный на ощупь, лучше предварительно подсушить его в тёплом сухом месте, рассыпав тонким слоем на бумагу.

Степень дисперсности пиротехнических составов оказывает огромное влияние на скорость их горения, которая может отличаться в десятки раз, поэтому отнеситесь к процедуре измельчения веществ с должным вниманием.

Для дробления реагентов в мельчайший порошок, если Вы не планируете строить мини-фабрику, вполне подойдут лабораторные фарфоровые ступки (№1-7), хотя старая кофемолка или портативная шаровая мельница значительно облегчили бы Вам работу.



Кстати, выбирать измельчённое содержимое из ступки поможет самодельный совок, сделанный из рентгеновского снимка Ваших лёгких и корковой пробки, скреплённых куском изоленты или резинки от бигудей.

Если же у Вас нет возможности воспользоваться плодами научно-технического прогресса, а масштабы планируемого производства приличные, предлагаю простое проверенное средство для ленивых. Возьмите прабабушкин чугунный котёл ёмкостью

ведра в два. Поместите в него металлическое ядро, сохранившееся с Бородинской битвы, весом килограммов 8-10, и всыпьте килограмма полтора измельчаемого вещества. Обвязите горловину чугунка бумагой или накройте плотно крышкой и подвесьте его на толстой верёвке к дереву или даже к люстре, качните его по кругу и можете смотреть телевизор. Обычно, просмотра программы «Время» бывает вполне достаточно.



|| Не забудьте согласовать вопрос с соседями на случай, если крепление не выдержит.

Для измельчения веществ также можно воспользоваться старой стирочной доской, а ещё проще кухонным столом и скалкой.

Во избежание неприятностей измельчать в описанных условиях можно только индивидуальные вещества. Бывалые пиротехники для дробления компонентов «с характером», в том числе зернёного дымного пороха, применяют длинный мешок из кожи или плотного материала. Можете воспользоваться куском велосипедной камеры и скакой или деревянным молотком.



Если же у Вас плохое настроение, всыпьте измельчаемый порошок в чехол боксёрской груши.

Для измельчения смолистых веществ их предварительно плавят на песчаной или водяной бане и до застывания растирают с входящими в состав солями (кроме хлоратов) до однородного порошка. «Баню» просто приготовить из двух кастрюль, вставив одну в другую и влив в большую из них воды или всыпав песка.

Просеивать вещества можно через мелкое сито заводского производства, но я бы посоветовал изготовить его самому, набив плотную металлическую сетку (лучше медную или из нержавейки) на деревянную рамку.

Для просеивания натриевых солей надо иметь отдельное сито. Для них не помешает и отдельная ступка потому, что жёлтое пламя может проявиться в самый неудачный момент.

Если фейерверк устраивается в сырое время года или местный климат не отличается засушливостью, дополнительно проводят так называемое «лакирование» солей.

Для этого сухую, измельчённую и просеянную соль обрабатывают раствором смолы (лучше даммары, но можно мастикса или канифоли) в скрипиде (1:10) до густой тестообразной массы. Также для этой процедуры подходит разведенный (1:5) нитролак. Обработанную соль сушат при слабом подогреве и постоянном перемешивании до тех пор, пока сухая масса не станет однородной и рассыпчатой. Ещё горячее вещество дополнительно просеивают с высоты на бумагу.

Составы, содержащие карбонаты, а также смолистые вещества более устойчивы к действию влаги и часто в процедуре лакирования не нуждаются.

Стальные и железные опилки в контакте с окислительными солями ржавеют особенно быстро. Без предварительной обработки уже через неделю такие составы теряют свои свойства и дают при

горении вместо очаровательных ярких искр тусклые мало примечательные искорки раскалённой ржавчины.

Чтобы этого не случилось, надо либо в течение 3-5 дней использовать подобные пиротехнические изделия, либо входящие в их состав железные опилки подвергнуть предварительной обработке – оксидированию или, как говорят, «воронению» за «радикально-чёрный цвет».

Опилки высыпают на чугунную сковородку, предварительно очищенную от остатков пищи, добавляют 1/10 часть по весу льняного масла и тщательно прокаливают на сильном огне при постоянном перемешивании. Вскоре опилки начнут буреть, затем почерненют, а когда выделение дыма прекратиться, приобретут блестящий чёрный цвет. После остывания их необходимо просеять от комков и в таком виде без ущерба они хранятся годами.



|| Процедуру такого воронения лучше проводить не на кухне. ||

Когда повалит густой едкий дым, Вы поймёте почему.

Если не хотите дымить, можно воспользоваться более занудной процедурой и оксидировать предварительно обезжиренные в растворителе железные стружки полторачасовым кипячением в насыщенном растворе едкого натра и натриевой селитры (1:1). Чёрные опилки очень тщательно промывают горячей водой для удаления следов натрия и опускают на несколько минут в горячий 10% раствор хромпика. После этого стружки 5 мин кипятят в воде и сушат, нагревая на той же сковородке.

Если и эта технологическая операция Вас не вдохновила, воспользуйтесь универсальным приёмом парафинирования. Его можно применять как для обработки опилок любых металлов, так и гигроскопичных солей вместо процедуры лакирования. Растворите 2 г парафина в 100 мл бензина или уайт-спирита, всыпьте туда 100-200 г опилок и размешайте до состояния рассыпчатого теста. Выложите эту смесь на противень, продолжая перемешивать до полного улётчивания растворителя. Такой порошок хранится очень долго, но при составлении рецепта необходимо учитывать присутствие в нём 1-2% парафина.

У нас в запасе есть ещё один несложный, но проверенный приём. В бутылку из-под хорошего шампанского вливают 30 мл скипидара и всыпают до половины железных опилок, усердно встряхива-

ют, добавляют остальные компоненты горючего состава и тщательно перемешивают. Такая смесь надёжно «работает» до трёх недель.

Для перемешивания измельчённых компонентов обычно используют всё те же длинные кожаные (замшевые) мешки. Даже для пиротехников-новичков этот способ наиболее безопасен. Достаточно на 10 минут представить себя прачкой и «насухо» отжать импровизированную «грушу».

 Вместо такого мешка вполне подойдёт лайковая перчатка, особенно если вторую Вы потеряли.

При смешивании малых количеств веществ можно воспользоваться и ступкой, только вместо пестика для безопасности возьмите корковую или полиэтиленовую пробку. Можно применить стеклянную банку с крышкой и включить погромче ритмичную барабанную музыку (что-то из ритмов аборигенов Полинезии).

Для большей однородности перемещанные составы просеивают повторно так, чтобы взглядом нельзя было различить отдельные частицы составных компонентов.

Бертолетову соль и хлорат бария присыпают к пиротехническим смесям обязательно (!) последними. Также, но по другой причине (во избежание расслаивания), металлические опилки и крупный уголь добавляют в уже готовые составы.

Если пиротехнический рецепт или качество приобретенных реагентов вызвало у Вас опасение, лучше сделать пробу состава на самовозгорание (особенно для композиций с хлоратами и серой).

 Для этого часть приготовленной смеси слегка смочите водой и поставьте на время в тёплое место. Только не забудьте про него! Если состав поменяет цвет или приобретёт сильный запах, не дожидаясь пока он загорится, высыпьте его в унитаз и не пытайтесь подарить Вашим конкурентам.

### 24.3. Запаситесь бумагой

«Бумажные» толовые шашки отливаются в виде хозяйственного мыла, по-видимому, чтобы их легче было замаскировать от противника, а вот составы для фейерверков, за немногим исключением,

нием, набиваются в бумажные трубки, называемые по старинке «гильзами» или «патронами».

 || В целях безопасности категорически запрещено изготавливать пиротехнические гильзы из металла!

В зависимости от назначения пиротехнических элементов и Ваших амбиций выбирается калибр гильз, под которым в пиротехнике понимают их внутренний диаметр. Обычно, наиболее ходовым считается калибр в 20 мм и «любителю» можно вполне им ограничиться, даже при устройстве фейерверка по случаю окончания перестройки. Хотя на городском салюте, а тем более на именинах новых русских, применяют калибры раз в 10 больше, и такой праздник огня за считанные минуты съедает стоимость приличного автомобиля.

Давайте договоримся сразу – для развлечения гостей Вы будете придерживаться определённых правил: калибры более 20 мм считать большими, 15-20 мм – средними и менее 15 мм – малыми.

 || Поверьте – этого вполне достаточно, чтобы очаровать любую публику, сохранить от разрушения окружающие здания и спасти от полного разорения Ваш семейный бюджет.

Перейти на большие калибры вполне безопасно Вы сможете после того, как напишите свою книгу о фейерверках.

Длина и толщина стенок гильзы обычно задаётся в функциях калибра. Так, короткие гильзы длиной 8-12 калибров применяются для ракет, пчёлок, форсов, фонтанов, швермеров, квекарей и дукеров; средние – 15-16 калибров для китайских колёс, жаворонков и ракет со шлагами; длинные – 25-30 калибров используются для римских свечей.

 || В царской России долгое время за калибр гильз принималась их наружный диаметр, а название калибров подгонялось к весу свинцовых шаров такого же диаметра. Так, под «фунтовым» калибром понималась гильза, наружный диаметр которой равнялся диаметру свинцового шара весом в 1 фунт, то есть, около 30 мм (полуфунтовая гильза – 1 дюйму или 25,4 мм, а четвертьфунтовая – 20,3 мм).

А сейчас нам понадобятся гильзы двух типов, как их принято называть у «бывальных», **первого и второго рода**.

**Гильзы первого рода** применяются в фигурах, которые выбрасывают огонь, но сами не горят. Их используют для подвижных и неподвижных фонтанов, ракет, швермеров, помпфейеров и других пиротехнических изделий. Такие гильзы начиняются, как правило, сильными составами. Они должны быть очень прочными и выдерживать мощное давление, поэтому толщина их бумажных стенок в зависимости от назначения составляет от 1/6 до 1/3 применяемого калибра.

**Гильзы второго рода** либо сгорают вместе с составом, либо легко разрываются при детонации. Они применяются в технологии контурных и палительных свечей, фитилей и фальшфейеров. Чаще они начиняются слабыми составами, толщина их стенок незначительная (3-6 слоёв писчей бумаги). Главное условие: такие гильзы, сгорая, не должны портить чистоту пиротехнического пламени, поэтому бумага с картинками для их изготовления не подходит.

Прежде, чем приступить к изготовлению пиротехнических гильз, надо тщательно подготовиться. В качестве основного материала используется писчая и альбомная бумага, ватман и даже картон.

 || В принципе, в работу подходит любая бумага, кроме наждачной, конфетти и серпантин.

Если решитесь делать гильзы из факсимильной бумаги, неоплаченных счетов или страниц политических изданий, заведомо увеличьте толщину стенок гильз во избежание разрывов. Хорошие результаты даёт применение плакатов всевозможных кандидатов и рекламных календарей, например, фирмы «Сoca-Cola» ярко-красного цвета, а если Вы до сих пор не определились с расцветкой, используйте их белую изнанку.

 || Абсолютно не подходит для гильз пористая бумага, легко размокающая от клея. Впрочем, в этом Вы убедитесь сами, когда попытаетесь снять такую гильзу с сердечника.

Шаблон для накатывания бумажных гильз получил название «навойник» (в старину его ещё называли «рольшток» или «виндер»). Он представляет собой деревянный цилиндр с рукояткой, похожий на скакалку. Для удобства извлечения накатанной на нём гильзы навойник должен иметь слегка коническую форму с перепадом

диаметров около 1 мм. Калибр гильзы будет равен диаметру тонкого конца навойника.

Джельтменский набор пиротехника-любителя должен включать навойники всех необходимых калибров. Надёжнее всего заказать токарю, выточить их из прочной древесины: бука или клёна. Не забудьте несколько раз их прошлифовать и повторно вскрыть лаком.

Если же Вы ещё не определились в серьёзности Вашего увлечения, и до услуги токаря не дошло, воспользуйтесь подручными средствами: от цветных карандашей и деревянных прутьев, отслужившей детской кроватки, до «держаков» тяпок и даже лопат, продаваемых в хозяйственных магазинах. Остается тщательно их «прошкурить», больше насыдая на одну из сторон, пометить её и вскрыть изделие лаком или натереть мылом, свечкой, тальком, можно даже крахмалом.

 || Идеальный комплект навойников легко сделать из телескопического удлища, на которое перестала клевать рыба.



Накатывать бумагу можно руками на кухонном столе, предварительно очистив его от хлебных крошек. Однако удобнее пользоваться нехитрым приспособлением из двух «катальных» досок, размером где-то 70 × 30 × 2 см. Для них даже есть умное название: «рольбret», «хобель»

или просто «рубанка», но чаще всего их называют «вальками» с ударением на средний слог. Верхняя доска для удобства может быть снабжена ручкой и деревянной кнопкой (тоже ручкой, только круглой). При их отсутствии вполне подойдут кухонные разделочные доски.

Немаловажное влияние на качество гильз оказывает применяемый клейстер. Так, для склеивания тонкой и неплотной бумаги употребляют жидкий мучной клейстер (лучше пшеничный с добавлением светлого столярного клея). При «проклеивании» ракетных гильз подходит аналогичный клей, но более густой. Для изготовления бураков и корпусов больших мортир применяют клейстер из ржаной муки с добавкой клея ПВА или столярного. А для склеивания тонкостенных гильз свечей или для опрятного оклеивания готовых изделий употребляют только крахмальный клейстер.

**Гильзы первого рода** катают преимущественно из плотной бумаги или картона. С успехом можно использовать обычную писчую бумагу, хотя эта процедура более продолжительная.

Полосу, нарезанной по размеру бумаги (её ширина соответствует требуемой длине гильзы), укладывают на нижнюю доску в длину, а поперёк в основание кладут навойник и, помогая пальцами, наворачивают первый оборот так, чтобы совпали торцы. Смазывают лист клейстером широкой кистью и накатывают до конца.

После этого берут рольбret за ручку и, нажимая другой рукой на кнопку, 3-4 раза прокатывают гильзу от себя, плотно затягивая, подобно тому, как в



старину вальком и скалкой выкручивали стиранное бельё. Аналогично накатывают последующие полосы бумаги до необходимой толщины гильзы.

Если не получается ровно намотать бумагу, не увлекайтесь длинными полосками.

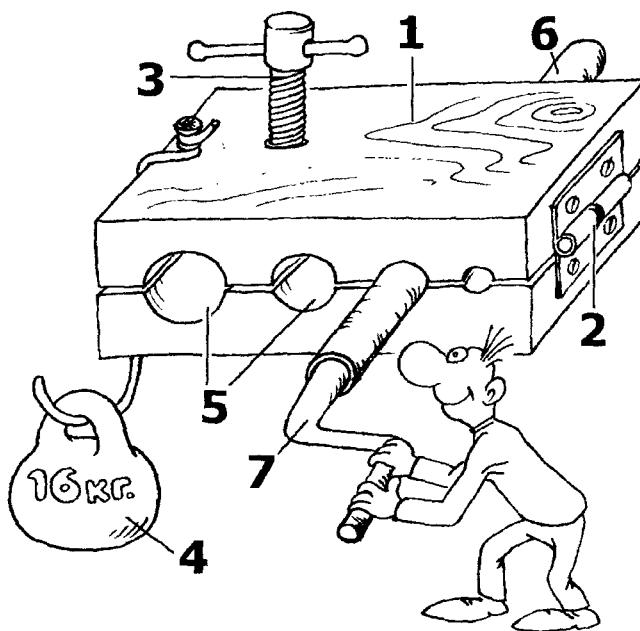
А если появилась необходимость укоротить гильзу, воспользуйтесь острым ножом. Не вынимая навойник, приставьте его к гильзе и, слегка надавливая остриём, сделайте несколько вращательных движений.

Если же использован плотный картон, то во избежание его раскручивания, последнюю полосу закатайте из писчей бумаги. Она же придаст изделию более нарядный вид.

Сырую гильзу аккуратно снимают с навойника и дают ей слегка «подвялиться» пока скатываются другие.

Процедуру можно механизировать, изготовив примитивный катальный станок. Наши предки называли его «галтель», через букву «т». Он состоит из двух довольно толстых и широких досок (1), соединённых с одной стороны рояльной петлёй (2). Зазор между ними

регулируется вертикальным винтом (3), а сила сдавливания — подвешенным грузом (4). Во внутренние вырезы галтели (5), смазанные мылом, вкладывается навойник (6), с предварительно накатанной бумагой. К толстому концу навойника с помощью чеки крепится съёмная рукоятка (7).



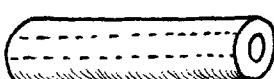
Лёгким движением руки бумага превращается в добротную картонную гильзу.

Для надёжного сворачивания гильз можно воспользоваться более сложным, но проверенным веками средством малой механизации – «закаточной машинкой» (в целях консервации продуктов она не применяется). Её нехитрое устройство видно из представленного рисунка. К рамкам (1) из двух досок, соединенных петлями (2), крепятся прорезиненные вальцы (3), например, с отработавшего картриджа от ксерокса или лазерного принтера. Навойник (4), с накатанной вручную бумагой, закладывают между вальцами и прижимают верхней рамкой. Ручка (5) крепится к одному из валов либо непосредственно к навойнику. Достаточно не перепутать направление её вращения и высококачественная гильза готова.



Правда, остаётся ещё одна проблема: как снять её с навойника? Во время её решения Вы не раз согласитесь, что и ручной метод закрутки гильз не так уж плох.

Для изготовления сопла на полусырой гильзе затягивают, так называемую, «шейку». Нам понадобится ещё один инструмент – **затяжной стержень**, который представляет собой всё ту же цилиндрическую деревянную палку (1), типа навойника, только чуть тоньше, со скруглённым торцом и жёстко вставленным в него металлическим штифтом (2) в 1/3-1/4 калибра (можно из обычного



3

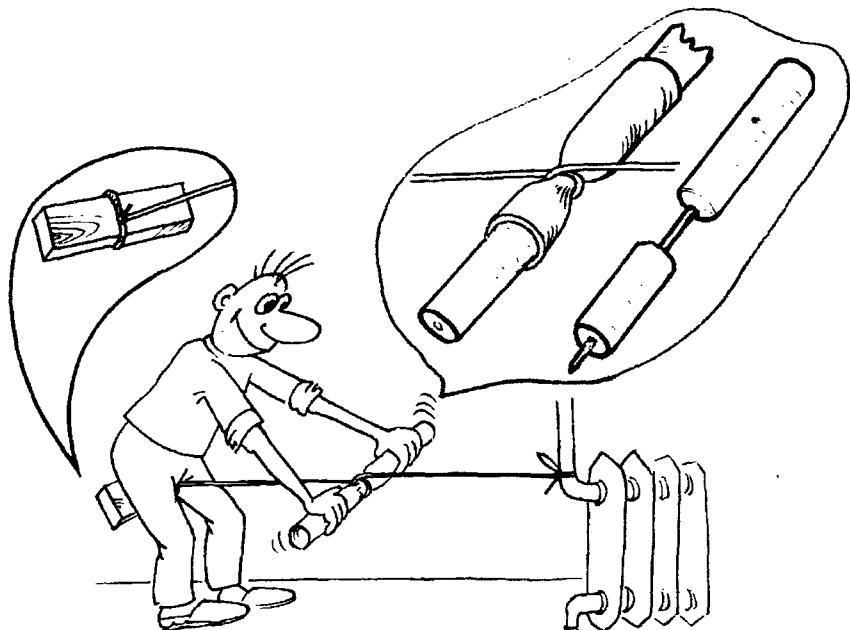
2

1

гвоздя). Из обрезка ручки затяжного стержня приготовьте осадник (3) в виде цилиндра того же диаметра со сквозным отверстием по оси и одним закруглённым торцом. Осадник должен свободно на-саживаться на штифт.

Возьмите крепкий гладкий капроновый шнурок толщиной 2-3 мм и длиной порядка 120 см. Натрите его мылом и привяжите к трубе батареи отопления на этом же уровне от пола, а с другого конца за середину толстую палку полуметровой длины.

А теперь представьте себя кавалеристом и как в детстве «осед-лайте» эту палку, пропустив верёвку между ног и откинувшись на-зад так, чтобы она натянулась. Ослабьте бечеву, оберните её один раз вокруг гильзы со вставленным затяжным стержнем на расстоя-нии одного калибра от края (отметку уровня на стержне делают за-ранее). Постепенно натягивая верёвку и вращая гильзу из стороны в сторону, формируют шейку.



Верёвочный инструмент сравнительно быстро изнашивается. К счастью, его легко заменить, но можно воспользоваться и железным

**затяжником**, сделанным в виде клещей, одна из губок которого крепится к стационарной поверхности.

Место образовавшейся шейки обматывают ниткой, смоченной клейстером. Упирают затяжной стержень в подставленный табурет и ударяют молотком по торцу осадника. Правиль но затянутая гильза снимается со стержня с некоторым усилием.

Внутреннюю полукруглую часть гильзы иногда называют «головкой» и даже «гузкой», а «шейкой» – само отверстие. В современной терминологии этот фрагмент реактивного двигателя получил название **«сопло»**.

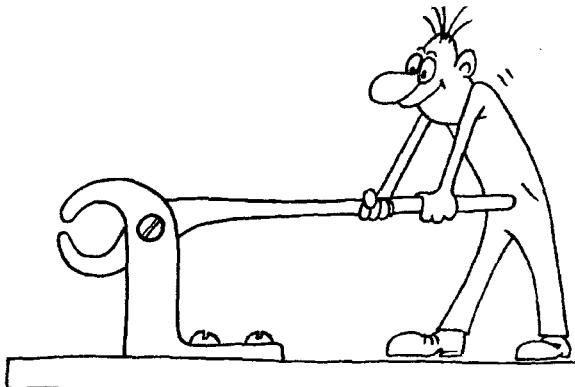
Лучше сушить гильзы естественным образом, не допуская местного перегрева, так как их может покоробить от неравномерного высыхания.

Готовая гильза должна получиться прочной, гладкой, а её стени плотными, однородными и не продавливаться пальцами.

**Гильзы второго рода** делают из чистой писчей бумаги, числом слоёв равным 1/2 или 1/3 калибра, выраженного в миллиметрах. Их склеивают жидким картофельным крахмалом и мажут только наружный край полоски.

Пачку нарезанной бумаги раскладывают уступами и смазывают выступающие концы полос клейстером. Бумагу наворачивают на навойник и, как только её наружный край плотно приклейтесь, гильзу выдвигают на один калибр, смазывают этот торец клейстером и загибают, формируя дно.

Для большей надёжности иногда применяют специальный навойник, имеющий углубление в торце, который при заклеивании дна прижимают к выпуклой поверхности (можно к металлическому шарику от подшипника).



Лучше в готовую гильзу после просушки «запыжевать» проклеенную бумажную пробку или конец гильзы оклеить бумажным кружком, диаметр которого превышает калибр.

К этого же рода изделиям относятся **проводные гильзы**, в которые вкладывается специальный пороховой фитиль – **стопин**. Сложность изготовления таких трубок состоит в том, что при диаметре 7-9 мм их длина составляет 50-60 см и подобную тонкостенную гильзу в 2-3 оборота трудно снимать с навойника. Процедуру можно упростить, подобрав конический шаблон таким образом, чтобы гильзы могли состыковываться торцами. В этом случае, используя трубы из стандартной бумаги даже формата А-4 ( $210 \times 297$  мм), можно собрать изделия любой необходимой длины.

В некоторых случаях пиротехнические гильзы должны обладать огнеупорными свойствами, для этого их (или исходную бумагу) обрабатывают специальным раствором (сост. 818):

алюмо-калиевые квасцы  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  — 70 г

сернокислый аммоний  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  — 25 г

борная кислота  $\text{H}_3\text{BO}_3$  — 5 г

Эти компоненты растворяют в 1 литре горячей воды. Иногда к раствору добавляют немного заваренного столярного клея и древесного угля или сурика, для отличия обработанных гильз по цвету.

Вместо сульфата можно использовать фосфаты аммония, а борную кислоту заменить бурой (сост. 819):

дигидрофосфат аммония  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  — 65 г

алюмо-калиевые квасцы  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  — 30 г

бура (тетраборат натрия)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  — 5 г

Для придания огнеупорных свойств можно бумагу обработать жидким раствором силикатного клея.

Приготовленные гильзы, чтобы не путать в дальнейшем, снабжают ярлыком и хранят рассортированными в сухом месте.

#### *24.4. Перепрыгнем пропасть в два прыжка*

**С**оставы приготовлены, гильзы скатаны – приступим к самому главному и опасному – к их наполнению. Пиротехнические смеси, свободно всыпанные в гильзу, в снаряженном состоянии сго-

работают очень быстро или просто взрываются. Поэтому первое условие нормальной загрузки – тщательное запрессовывание составов, которое резко уменьшает площадь горящей поверхности и скорость сгорания. Не менее важным условием качества пиротехнического изделия является однородная плотность горючих компонентов, иначе состав будет гореть вспышками, если это не предусмотрено специально.

Общие приёмы запрессовки гильз зависят от их назначения и толщины. Так, гильзы первого рода набиваются очень плотно с помощью ударов молотка, а пиротехнические составы в тонкостенных гильзах второго рода только скимают набойником усилием руки.

Прежде всего, для запрессовки составов необходим нехитрый

инвентарь. Главным инструментом является **набойник** – деревянный цилиндр с плоским основанием, диаметр которого на 1/12 или в среднем на 1мм меньше калибра гильзы. По сути дела это тот же навойник, только чуть меньшего диаметра. Часто его делают с утолщением на одном конце (1).

Для снаряжения гильз одного калибра желательно иметь несколько набойников разной длины, что облегчает прессование.



Засыпать составы удобнее всего специальными совками, носик которых свободно входит в гильзу. Лучший из них шуфла (2) не имеет ничего общего с похожим словом и представляет собой металлический совок, одетый на деревянную ручку типа набойника. Идеальный по объёму совок, называемый «калиберным», захватывает столько состава, что после его запрессовки содержимое гильзы

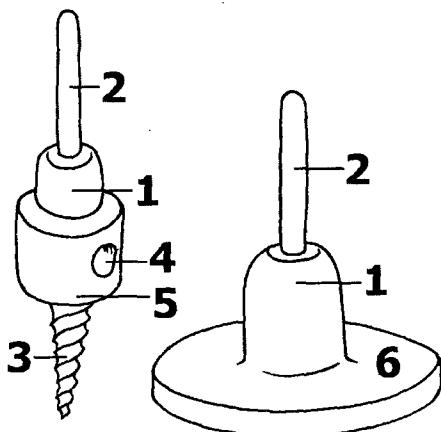
увеличивается на высоту одного калибра. Вполне подходит охотничий мерник регулируемого объёма или аптечная дозаторная ложка с ограничителем. Несложно изготовить хороший совок из листовой латуни или куска оцинкованной жести.

Можно воспользоваться столовой ложкой, но в этом случае без помощи лейки Вам не справиться. Очень удобны стеклянные химические воронки, основание которых плотно входит в гильзу.

Для набивания изделий подходят любые молотки, но в целях безопасности лучше пользоваться деревянными колотушками.



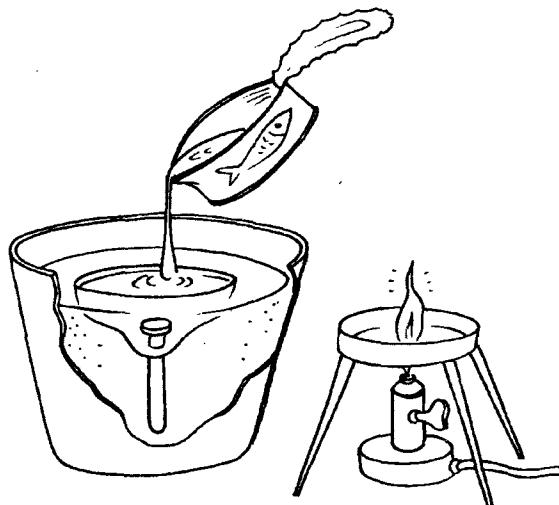
Во-первых, их не так больно уронить на ногу, а во-вторых, не так страшно ронять на пол особенно, если там рассыпан пиротехнический состав.



ввинчивают в деревянную поверхность с помощью стального штифта, вставленного в сквозное отверстие (4) в корпусе (5). В некоторых конструкциях предусмотрено массивное основание (6), типа подставки.

Такое изделие проще всего заказать токарю, однако вполне приличные унтерзатцы для всех применяемых калибров Вы сможете приготовить сами с моей подсказкой. Для заливочной формы воспользуйтесь горшком с землёй от завядшей комнатной герани. В сухую мелкоизмельчённую землю вначале вдавите чайное блюдце для будущей подставки. Затем посередине образовавшейся лунки

И уж совсем не обойтись при набивании гильз первого рода без специфического приспособления, называемого «унтерзатц». Оно представляет собой закруглённый металлический цилиндр (1) – «жёлудь» (его диаметр равен калибру изделия), с прочно вставленным металлическим стержнем (2) – «цапфом». Длина стержня зависит от вида изготавляемых фигур. Для крепления применяется винтовая резьба (3). Унтерзатц

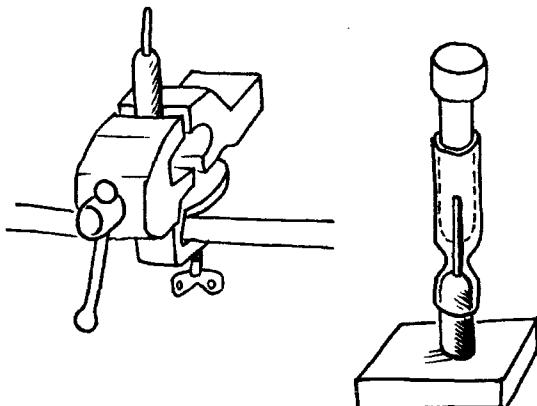


вставьте осадник — он сформирует «жёлудь». В качестве штыря (цапфа) воткните подходящий гвоздь с широкой шляпкой и можно заливать форму расплавленным свинцом из отслужившего аккумулятора.

Для забивания гильзы первого рода её затянутый конец (гильзовую головку) насаживают на жёлудь унтерзатца так, чтобы цапф вошёл в горючее отверстие (шейку).

Вставляют в гильзу набойник с просверленным в торце каналом, совмещая его с цапфом, и осаждают молотком. При этом гильза плотно садится на жёлудь, а стержень унтерзатца входит в канал набойника.

Подобную процедуру Вы уже выполняли с помощью затяжного стержня и осадника при формировании шейки гильзы. При отсутствии унтерзатца можно воспользоваться этими же инструментами, зафиксировав затяжной стержень в тисках, упирая свободный торец в их основание.



|| Прежде чем приступить к дальнейшей работе, обязательно наденьте защитную маску!

Набойник (или осадник) вынимают, всыпают полный совок пиротехнического состава, осаживают его, постукивая с боков гильзы, и плотно прессуют набойником с помощью молотка.

Чтобы не порвать гильзу, увлекаться сильными ударами нельзя. Ни вес молотка, ни количество наносимых ударов магического значения не имеют, но гильзу и состав, как говорится, «надо чувствовать», что приходит с опытом.



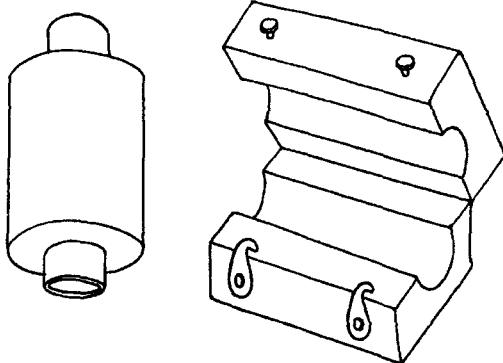
|| Важный момент. Для обеспечения равномерной плотности пиротехнической смеси старайтесь запрессовывать её за каждый цикл слоем не более одного калибра.

Вначале по вложенному набойнику наносят 3-4 лёгких удара, каждый раз приподнимая его. Затем более сильными равномерными ударами прибивают набойник, прокручивая, что бы его не «засосало». Оптимальное число ударов за цикл равно 1/2 калибра, выраженного в миллиметрах.

От постоянной вибрации пиротехнические составы могут расслаиваться, поэтому не храните их на том же столе, где проходит запрессовка гильз. Это проще, чем устраивать подвесной рабочий стол, как рекомендуют знатоки, или переносить рабочее место в сад, используя старый пень или массивный чурбан.

Для того чтобы всыпаемый состав не пылил и не расслаивался, иногда удобно слегка (!) смачивать его уайт-спиритом, скипиаром или 646 растворителем.

А при набивании тонкостенных гильз второго рода без специальных форм, предохраняющих их от разрыва, не выручит даже опыт. Простая форма представляет собой деревянный цилиндр с просверленным отверстием. Для удобства извлечения запрессованных гильз лучше её распилить и сделать раскрывающейся на рольной петле. При отсутствии такой формы и желания её изготовить, воспользуйтесь подходящей прочной гильзой без шейки.



Фигурные или декорационные свечи, а также фальшфейерные трубки бенгальских огней забивают на 1-2 см сухой просеянной глиной, чтобы не поджечь крепление при их использовании. С помощью воронки и свободно входящего набойника не сильными ритмичными движениями плотно запрессовывают горючий состав усилием руки. Сверху утрамбованную пиротехническую смесь покрывают густым слоем зажигательной подмазки и припудривают её пороховой мякотью.

Если Вам понравилось, то считайте, что всё получилось.

## Глава 25. Служебные изделия – основа фейерверка

**П**од служебной машиной понимают такую, которая сегодня вроде бы и Ваша, а завтра можно её потерять вместе с любимой работой и секретаршей. В технологии же фейерверков «служебными» исстари называют изделия, которые служат для воспламенения пиротехнических фигур. К их числу принадлежат палильные свечи, стопин, фитили, пороховые подмазки и электрозапалы.

Бикфордов и детонирующий шнур, капсюля и детонаторы в технологии фейерверков, как правило, не используются. В домашних фейерверках иногда применяют фрикционные (тёрочные) составы, например, для митральез с конфетти, больше известных как «хлопушки».

### 25.1. Стопин вместо бикфорда

**К**онечно, можно попытаться поджечь пиротехнические изделия непосредственно спичками, но в этом случае Вы не оставляете себе никакого шанса дочитать книгу до конца. Обычно, для этого применяют специальные замедлители воспламенения горючего состава.

 По канонам детективного жанра, в этом месте речь могла бы пойти о бикфордовом шнуре. Мы же, как ни странно, обойдёмся без него.

Пороховой огнепроводный шнур без защитного покрытия, который используем мы, получил название «стопин». В своё время это был основной воспламенительный элемент фейерверков.



для этого скрутите её в одну сторону (лучше с помощью дрели), перегните пополам, сведите концы вместе и отпустите бывшую середину. Получится аккуратный тонкий шнур.

Мотки «пряди» кругообразными слоями погружают в тарелку с насыщенным раствором калийной селитры (25-30%). Его количество должно, как минимум, в 4 раза превышать вес пряжи. Желательно использовать раствор комнатной температуры, потому что при остывании горячего на нитках иногда вырастают крупные кристаллы селитры, а это не желательно. Через два часа мотки вынимают, слегка отжимают, подвешивают на рамку и пару часов «подвяливают». В это время готовят пороховое тесто (сост. 820, табл. 42) из расчёта 12 г пороховой мякоти или дымного пороха, 4 г воды, 1 г спирта и 0,25 г камеди (абрикосовой или гуммиарабика, которые распускают в воде заблаговременно) на 1 г ниток. В противном случае камедь можно заменить декстрином или крахмалом.

Рецепты приготовления качественного стопина отличаются мало. Сделайте рамку размером  $1,5 \times 1$  м. В верхнюю и нижнюю планку набейте гвоздей с выступающими шляпками и намотайте хлопчатобумажную нитку слоёв 4-8. Можно намотать нитки последовательными слоями в виде тесьмы шириной 3-5 мм. Если лень делать рамку и не жаль старую дверь в кладовку, воспользуйтесь ею. Чтобы «прядь» не путалась при работе, можно свить из неё шнурок. Для

Таблица 42. Составы служебных пиротехнических изделий

%	№	Стопины									
		820	821	822	823	824	825	826	827	828	829
Калия нитрат		71	64			11	55	68			
Калия хлорат			9		76	67					40
Калия перхлорат				73					70		
Аммония перхлорат										70	
Свинцовый сурик											30
Сера	14	13	12				27	23			
Уголь древесный	13	12	12	18	11	14					
Алюминиевая пудра											25
Магниевые опилки									24		
Кремний											20
Лактоза					11						
Гуммиарабик	2	2		6			4	9			
Декстрин				3					6	5	
Камедь											10

%	№	Подмазки						Палительные свечи					
		830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	
Калия нитрат		70	76			57	75	72	75	77	75	82	
Калия хлорат				68	60								
Сера	25	15				19		20	16	12			
Сурьмы (III) сульфид					40	9							
Реальтар						9							
Уголь древесный	5	8	2				15	5	5	7	23	13	
Горная синь				6									
Лактоза				23									
Канифоль								3		4	2	5	
Мастикс									4				
Идитол						10							
Декстрин						6							
Камедь		1	1										

Имейте в виду: избыток воды вреден для порохового теста. Долго такой состав хранить не желательно, так как в нём может выкристаллизовываться селитра либо, наоборот, при её сильном растворении готовый стопин покрывается белёсым налётом, а скорость его горения падает. Обработанные солью нитки на 2-3 часа погружают в пороховое тесто, сматывают на рамку, при необходимости пропускают сквозь пальцы, формируя ровный профиль, приподиривают пороховой мякотью и тщательно сушат (иногда до трёх суток). «Опудренный» стопин сильно пачкается, зато горит значительно быстрее и воспламеняется практически мгновенно.

Можно ускорить приготовление стопина, размешивая пороховую мякоть в разведенном нитролаке, но такой шнур сохнет быстро, и для того чтобы он получился однородный и без комков, нужен определённый опыт. Кроме того, обработанные в селитре нитки перед «замачиванием» должны быть сухими, а ёмкость для пропитки тестом обязательно накрывается крышкой.

Хороший стопин имеет вид чёрного круглого шнурка или узкой тесьмы без узлов, наплыпов, просветов и светлых пятен. На открытом воздухе он горит со скоростью 3-5 см/с.

Форсировать сгорание стопина можно, примешивая к пороховому тесту до 10% бертолетовой соли (сост. 821).

Стопин, вложенный в тонкую бумажную (проводную) трубку калибром 7-9 мм, воспламеняется почти мгновенно.

Напротив, под слоем древесных опилок или сухого песка скорость его горения снижается до 1,2-2 см/с.

Очень надёжен и безопасен в приготовлении стопин на основе перхлоратного пороха (сост. 822).

Для театральных фейерверков применяют **стопин без серы** из смеси бертолетовой соли, угля и камеди (сост. 823). Бертолетову соль смачивают водой (!) и в фарфоровой ступке очень тщательно перетирают с древесным углем, пока смесь не станет однородной даже при рассмотрении в увеличительное стекло. Её разводят 5% гуммиарабиком и этой массой обрабатывают свёрнутую хлопчатобумажную нить. «Опудривают» стопин этим же составом.

С подобной же целью рекомендую легкогорящий стопин без серы, описанный ещё Петром Румянцевым полтора века назад (1852). Он содержит лактозу либо обычный сахар (сост. 824).

При поджигании крупнокалиберных пиротехнических изделий (в частности, бураков), когда надо оставить себе шанс уйти на безопасное расстояние, употребляют медленногорящий стопин.

 Кстати, знаменитый бикфордов шнур горит в 3-5 раз медленнее обычного стопина.

Скорость горения огнепроводного шнура снижают, увеличивая содержание цементирующих веществ либо применяя специальные составы порохового теста (сост. 825), ослабленные избытком серы. Подобная смесь без угля (сост. 826) горит ещё более медленно.

Для воспламенения «трудных» составов используют специальный **«высокотемпературный» стопин**, содержащий перхлорат калия или аммония с металлическими опилками: магния (сост. 827) или алюминия (сост. 828).

Быстрое поджигание больших и сложных пиротехнических фигур осуществляют **«пиroxелиновыми нитками»**, качественное приготовление которых описано выше. Обычно, для изготовления огнепровода эту процедуру несколько упрощают.

 Кусок чистой ваты опускают на 5 минут в смесь концентрированной азотной и серной кислот (1:2), вынимают его стеклянной палочкой, очень тщательно промывают от следов кислоты, сушат при температуре не выше 40°C и скручивают в тонкую прядь. Можно обработать готовый хлопчатобумажный шнурок. Такой фитиль быстро сгорает без запаха, не оставляя пепла, однако при ударе или сильном трении он может взорваться!

В ракетном моделировании иногда используют специальный стопин, представляющий хлопчатобумажный шнур, насыщенный горючим составом из хлората калия, свинцового сур сурика, порошка кремния и водорастворимой смолы (4:3:2:1, сост. 829).

## 25.2. Подмазка, но не та

 Это не то, что Вы вначале подумали, а легковоспламеняется в сухом состоянии пиротехническая смесь пластичной консистенции. Её применяют для повышения чувствительности горючих композиций к тепловому импульсу, их фиксации от высыпания и крепления зажигательных элементов, например, стопина.

Чаще всего **зажигательную подмазку** готовят из дымного пороха, разведенного на 3% гуммиарабике в водке, 3-5% декстрине в воде, 8-10% крахмальном клейстере, 15% идитоле в спирте или разбавленном нитролаке.

 Для надёжного воспламенения многих пиротехнических изделий применяются подмазки на основе медленногорящих составов, чтобы огневой контакт был максимально длительным.

Так, для зажигания фигурных свечей хорошо подходит слабая селитро-серо-угольная пороховая смесь с повышенным содержанием серы (сост. 830, табл. 42).

Медленногорящие пороховые подмазки с дефицитом угля (5-8%) хорошо подходят для воспламенения помпфейерных звёздок (сост. 831), особенно, содержащих стронциевые и бариевые соли.

Составы с бертолетовой солью отличаются более высокой температурной чувствительностью и ещё лучше подходят для поджигания звёздок, время взаимодействия которых с огнём, как правило, очень ограничено.

Такая хлоратная смесь без серы, содержащая горную синь (сост. 832) часто используется для воспламенения голубых и зелёных пламенных составов. Подмазка на основе хлората калия с сульфидом сурьмы (сост. 833) действует хорошо и надёжно, но легко воспламеняется при трении (!).

В промышленной технологии осветительных и сигнальных огней применяют подмазку на основе смесей калийной селитры с сульфидами сурьмы и мышьяка, цементатором в которых является декстрин (сост. 834). Также широко используются пороховые составы, которые вместо серы включают идитол (сост. 835).

Для воспламенения низкочувствительных металлизированных смесей помимо традиционной пороховой подмазки применяют промежуточные (переходные) составы, содержащие обе композиции (1:1). Этот же приём иногда используют во избежание отслаивания высохшей подмазки.

### *25.3. Догорает свечка, догорит дотла*

**В** отличие от автомобильных или стеариновых **палительные свечи** представляют собой тонкостенные бумажные трубки, набитые медленногорящим составом.

 || Эти свечи позволяют экономить во время фейерверка мас-су спичек и, главное, сберечь пальцы от ожогов.

Гильзы для таких свечей катают в 3-4 слоя из писчей бумаги на тонком навойнике диаметром 8-12 мм. Из стандартного листа бумаги формата А4 получается две гильзы длиной 30 см. Подклеивают

крахмальным клейстером только наружный край, один торец заминают, предварительно смазав kleem.

Запрессовывают такую гильзу тонким набойником (можно куском ровной проволоки или даже «очищенным» электродом), вставив в толстостенную трубку или специальную форму. Сначала запрессовывают 3-4 см глины, чтобы этим концом вставить свечу в **пальник** – длинную палку с отверстием в торце или в подходящую трубку.

Огонь палительной свечи не должен отвлекать внимание от картины фейерверка, поэтому хорошее изделие даёт тихое, спокойное, долгогорячее пламя без искр. В принципе, для этого годится любой слабый пламененный состав с добавлением измельчённой легкоплавкой смолы, которая замедляет горение и уменьшает яркость, но лучше применять специальные палительные смеси (сост. 836-840, табл. 42). Время их сгорания в плотно набитой трубке длиной 30 см составляет 11-13 минут.



Для измельчения применяемых смол (канифоли или мастика) не забудьте предварительно охладить их в морозилке либо аккуратно (!) сплавить с селитрой или другой менее агрессивной солью, входящей в пиротехнический состав. Запрессованные гильзы на 0,5 см забивают пороховой подмазкой и для облегчения воспламенения припудривают пороховой мякотью.

Составы без серы применяют в палительных свечах для театральных или комнатных фейерверков (сост. 839, 840). Они горят чуть дольше (в аналогичной трубке длиной 30 см – 15-16 минут).

Зажигательные свечи можно приготовить и без гильз. К палитльному составу добавляют 2-3% камеди, смачивают водой для

распускания в тесто, из которого готовят стопин произвольной толщины (обычно, около 1 см). После тщательного высушивания изделие нарезают на куски необходимой длины и вскрывают их нитролаком.

## 25.4. Фитиль – ровесник цивилизации

**О**гниво, как инструмент получения огня, и фитиль, как средство его сохранения, появились ещё на заре цивилизации и в своё время были неотъемлемым атрибутом человека с достатком, примерно так же, как сегодня его автомобиль.

Обычно, фитиль представляет собой пучок льняных или пеньковых ниток в джутовой оплётке, пропитанных раствором, способствующим его непрерывному тлению после зажигания. Каких только рецептов на себе он не испытал за долгую историю своего совершенствования. Так, в Австрийской империи по утверждённой технологии его варили целые сутки в щёлочке из золы, извести, селитры и даже лошадиного помёта.

 А сегодня плохие мальчишки, для задержки воспламенения взрывпакетов, готовят фитиль, пропитывая свои шнурки в калийной селитре.

Фитиль, который понадобится нам, должен легко зажигаться, тлеть ровно, без вспышек и держать жар настолько устойчиво, чтобы им можно было легко проткнуть лист писчей бумаги.

Хороший фитиль получается обработкой льняной верёвки 5% раствором ацетата свинца. Его кипятят в этом растворе 15 минут либо настаивают около 5 часов, затем отжимают. Протирают сукном и сушат. Скорость горения такого шнура около 0,3-0,5 см в минуту. Она зависит от концентрации свинцового раствора и толщины фитиля.

Шнур, пропитанный нитратом свинца, сгорает в два раза быстрее (1 см/мин).

Иногда применяют хлопчатобумажный фитиль, пропитанный 25% раствором калийной селитры.

Проще и быстрее готовятся фитили из бумаги, которую смачивают раствором ацетата свинца (1:2), высушивают, плотно скручива-

вают каталевой доской в твёрдые палочки и кромку приклеивают клейстером. Скорость горения такого фитиля не более 0,25 см/мин.



|| Если не хотите тратить время на самодельные фитили – купите готовые: лучше гаванских сигар, пожалуй, трудно что-то придумать.

## 25.5. Реклама горящей строкой

**П**ри желании Вы легко сможете устроить рекламу бегущей, извините, горящей строкой. Для этого Вам понадобится **серный фитиль**. Обычно, его используют в качестве сплошного горящего контура для различных декораций и вензелей. Чаще такой фитиль даёт синий или белый огонь, переходящий, по желанию, в тёмно-красный или ярко-зелёный.

Готовят серный фитиль по старинке. Понадобится слабо сучёная в одну прядь льняная или хлопчатобумажная верёвка (можно из пакли или джути) толщиной 5-25 мм. Её укладывают кольцами в чугунный котёл или эмалированную кастрюлю, заливают вровень водой, добавляют пару пригоршней селитры и многократно проваривают в течение суток. Всыпают пару стаканов нитрата стронция или бария, добиваются растворения, доводят до кипения и «томят» верёвку ещё целый день, после чего слегка её отжимают и сушат несколько суток (лучше в тени), избегая образования крупных кристаллов.

Всё в тот же котёл после сушки загружают серу и ставят на костёр в конце огорода, наблюдая, чтобы пламя не попадало в горловину.

Расплавленную серу нельзя перегревать выше 250°C, потому что она быстро густеет и становится вязкой как смола, частично переходя в пластичную модификацию. Визуально она приобретает нежелательную чёрно-бурую окраску.



|| В принципе, при аккуратном нагреве в металлической ёмкости сера загореться не может, потому что «парить» она начинает только выше 445°C, но если всё же Вы такой счастливчик – не пугайтесь и быстро накройте чугунок крышкой, которую держите под рукой.

Куски просоленной верёвки размером метров по 10-15 погружают в расплав, пропитывают серой и вынимают вместе с помощником, разбегаясь в стороны и, удерживая натянутую верёвку до застывания. Если есть возможность, для однородности нанесения её можно проволакивать через кожаную рукавицу.

Приготовленный таким способом серный фитиль горит благородным, тёмно-синим огнём, который постепенно переходит в карминово-красный или изумрудный.

Иногда для яркости и увеличения скорости горения к сере добавляют немного селитры (до 4%) и древесного угля (до 1%) (сост. 841, табл. 43).

**Таблица 43. Составы цветного фитиля**

№ %	Синие			Белые			
	841	842	843	844	845	846	847
Калия нитрат	4				11		8
Сера	95	95	67	75	71	95	86
Сурьмы (III) сульфид			33	25	14		
Реальгар						5	6
Уголь древесный	1						
Камедь		5			4		

№ %	Жёлтые		Красные		Zелёные	Голубые
	848	849	850	851	852	853
Стронций нитрат				13		
Сера	87	86	91	87	92	86
Сурьмы (III) сульфид	8	12			2	4
Уголь каменный			4			
Медные опилки					6	
Цинковые опилки						10
Криолит	1					
Сода		2				
Камедь	4		5			

Учитывая повышенную пожароопасность таких расплавов, особенно с окислителями, часто используют технологию, аналогичную получению стопина, применяя раствор камеди (сост. 842).

Для приготовления фитиля с белым пламенем к растопленной сере добавляют тщательно просеянный сульфид сурьмы (2:1, сост. 843) или (3:1, сост. 844). Их яркость усиливают селитрой (сост. 845). Хорошие результаты даёт включение в подобные смеси реальгара (сост. 846, 847).

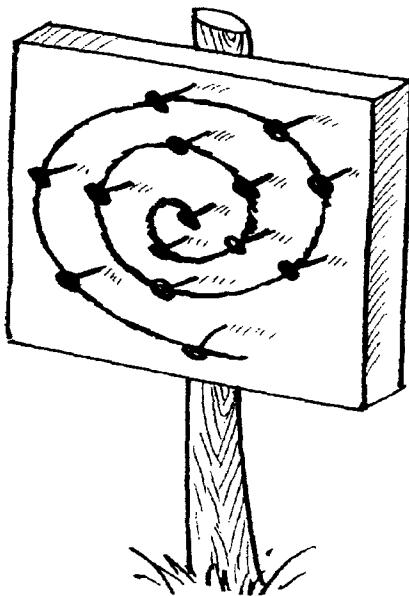
Добавление к таким составам даже 1-2% криолита или обезвоженной соды позволяет получить жёлтое пламя фитиля (сост. 848, 849).

Вполне приличный серный фитиль красного огня можно приготовить, вводя в смесь толчёный уголь, антрацит (сост. 850). Более чистым, карминовым пламенем горит фитиль, содержащий нитрат стронция (сост. 851).

Светло-зелёный оттенок можно придать огню фитиля, включив в горючий состав медные опилки с примесью антимония (сост. 852). Если для этого использовать опилки цинка (сост. 853), то пламя приобретает красивый голубой цвет, но хранится такой фитиль недолго.

Готовый фитиль набивают гвоздями на деревянный щит, предварительно окрашенный в чёрный цвет смесью печного лака с огнеупорной проправой. Легковоспламеняющаяся нитрокраска для этого не подходит. Эта декорация получила название «щит». Предполагаемую фигуру рисуют мелом. Затем длинными тонкими (80-100 мм) гвоздями протыкают фитиль и вбивают их неглубоко (на 0,5 см) в дерево. Сдвигают фитиль к шляпкам гвоздей так, чтобы он отставал от доски как можно дальше. Для быстрого воспламенения фигуры укреплённый фитиль с помощью кисти обрабатывают негустой зажигательной подмазкой или подвязывают по всей его длине стопин.

Если серный фитиль применяют в сложных композициях, особенно в несколько перемен, то во избежание случайного воспламенения его обматывают или оклеивают тонкой бумагой, или помещают в проводные гильзы. Для вензелей преимущественно выби-



рают прописные буквы, что облегчает составление огненных надписей и придаёт такому письму больше изящества. Представляете такое объяснение в любви под окнами любимой девушки!



Осталось поджечь фитиль. Как только развеётся густой дым и высветится огненная надпись, изумлённые зрители сразу смогут оценить, чем Вы занимались в школе на уроках правописания.

## 25.6. Мал запал, да дорог

**D**ля воспламенения некоторых пиротехнических изделий, например, небольших ракет, швермеров или взрывпакетов, удобно использовать в качестве запала тонкие бумажные трубки длиной до 4 мм, набитые пороховой мякотью, а ещё лучше хлоратным или перхлоратным порохом (сост. 33, 34, 63, 69, табл. 8, 9). С этой целью хорошо подходит состав, содержащий перхлорат калия, серу и древесный уголь (75:12,5:12,5, сост. 854).

Гильзы скатывают в 2-3 оборота из листовой бумаги, предварительно несколько часов пролитанной в 25% растворе калийной селитры. В качестве навойника применяют проволоку диаметром 1,5-2,5 мм, спицу, гвоздь без шляпки, основание круглого надфиля или

набор тонких свёрл. Наружный слой бумаги фиксируют крахмальным клейстером.

С торцов запал слегка забивают подмазкой, приготовленной из того же состава, а для удобства поджигания делают наплыв с одной стороны, что-то типа большой спички.



Для поджигания ручных швермеров удобно головку запала делать из фрикционного (тёрочного) состава, разводя его водой с декстрином до консистенции густой сметаны (сост. 738-742, 745-752).

Поджигают такой запал тёркой от спичечного коробка. Для надёжной эксплуатации стенки этих запалов лучше катать чуть потолще.

При устройстве фейерверков очень часто приходится одновременно поджигать большое количество фигур (различные огненные спиральки, жирандоли, павлины хвосты и др.). Добиться полной синхронности их воспламенения позволяет запал, который получил название «пиротехнический крест» или «паук». У профессионалов он представляет собой перевёрнутый стальной стакан с завинчивающейся крышкой, в дно которого впаяны тонкие металлические трубки. Такой запал имеет отверстие для стопина или электrozапала и кронштейн для фиксации штырём к земле.

В ходе подготовки «паука» к работе на его дно укладывают слой папиросной бумаги, всыпают не более 1 г пороховой мякоти, вставляют стопин и завинчивают крышку. Затем переворачивают его и крепят к земле, а на трубы соплами надевают пиротехнические фигуры.

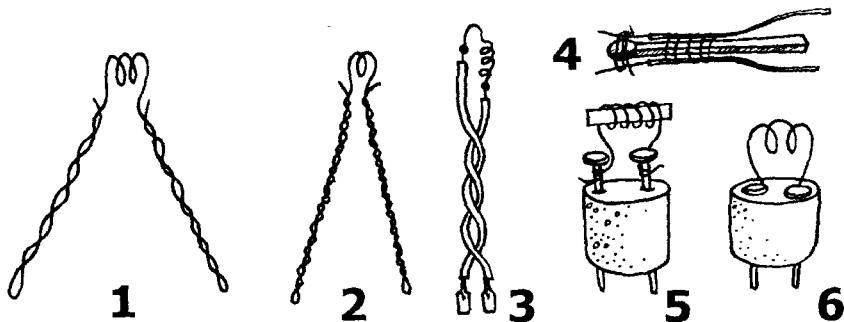
В нашем случае в целях безопасности лучше отказаться от металлических конструкций, тем более что подобный запал несложно

изготовить из плотной швермерной гильзы, один конец которой затянут наглухо, а второй сформирован в виде сопла. В ней высверливают ряд дырочек, как у волшебной флейты, и плотно вклеивают пустые запальные трубочки. Пороховую мякоть в массе 0,5–1 г засыпают через шейку и через неё же вводят стопин на всю длину гильзы. Осталось зафиксировать запал скобами к земле, разместить на нём будущих «космонавтов» и подпалить огнепровод, который, на всякий случай, оставьте подлиннее.

## 25.7. Запал в эпоху электричества

**И** в голову не могло прийти А.А. Шильдеру, что через 170 лет после первого секретного пуска русской боевой ракеты с помощью разработанного им же электрозапала, этим изобретением будут широко пользоваться не только отъявленные террористы, но даже школьники в кружке ракетного моделирования.

Воспламенителем пиротехнического состава обычно служит спираль из тонкой реостатной (хромоникелевой или никромовой) проволоки, которая нагревается за счёт источника постоянного низковольтного электрического тока. Такую проволоку можно извлечь из отслужившего керамического сопротивления. Её длину и сечение подбирают так, чтобы проволока раскалялась добела, но не плавилась. Обычно, при её диаметре  $\sim 0,3$  мм на изготовление спирально-го воспламенителя со скруткой (1, 2) уходит около 7 см.



Для увеличения греющей поверхности воспламенителя в средней части запала делают спираль из двух-трёх витков диаметром 1,5 мм,

сматывая её на бабушкиной спице, использованной игле одноразового шприца или стержне шариковой авторучки.

При выполнении плотной скрутки (2) подводящие участки электrozапала покрывают изоляционным лаком или надевают полихлорвиниловые трубочки (можно от стержня авторучки).

Применение более тонкой проволоки накаливания позволяет сократить её длину и увеличить количество зажиганий без подзарядки элементов питания. Так, для воспламенителя средней мощности (3 Ом) понадобится 1,5 см никромовой проволоки диаметром 0,09 мм. Из неё также несложно приготовить надёжные электrozапалы нескольких конструкций.

Проще всего соединить такой спиралью оголённые концы скрученной медной проволоки с изоляционным покрытием (3).

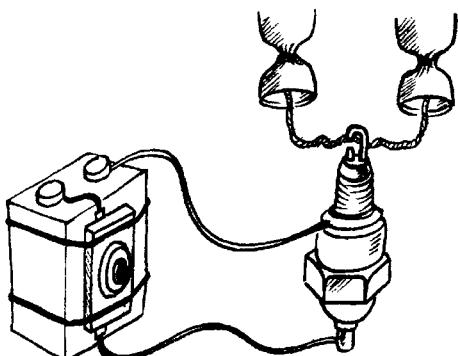
Можно вложить между концами медной проволоки спичку и примотать её проволокой или ниткой так, чтобы 2-3 витка никрома легли через спичечную головку и коснулись оголённых концов (4).

Так называемый «пробковый» электrozапал, для изготовления которого помимо корковой пробки вполне подходит пенопласт, бальза и даже резина, часто применяется для ракет и хорошо вставляется в головку сопла (5, 6). Никромовую спираль крепят к двум воткнутым в пробку гвоздикам (лучше омеднённым).

Для дистанционного воспламенения стопина можно многократно использовать свечи накаливания от модельных двигателей внутреннего сгорания и даже автомобиля, убрав в них зазор или соединив его спиралью.

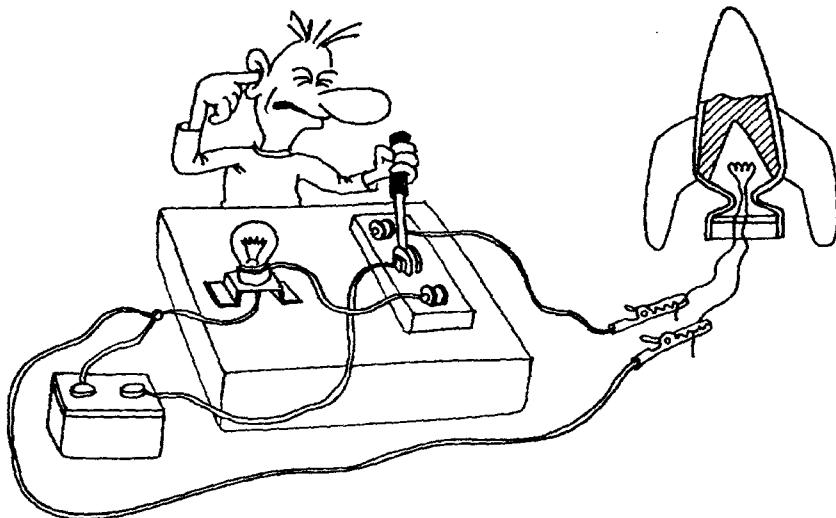
Подключение электrozапала к цепи питания обеспечивается простой скруткой проводов, однако удобнее применять металлические зажимы, типа «крокодил».

Следует иметь в виду, что спираль воспламенителя даже при источнике тока в цепи 9 В может раскаляться до 2400°C и этого



вполне достаточно для поджигания практически любых составов, когда обеспечен надёжный контакт с горючим веществом.

Для усиления начального теплового импульса спираль накаливания иногда покрывают пороховой подмазкой, либо вставляют в неё кусок стопина или запрессовывают воспламенитель в запальную трубку.



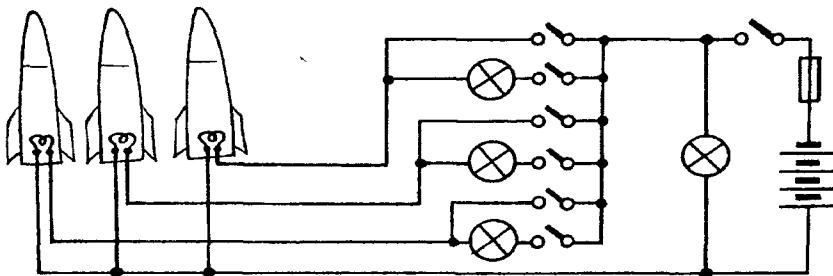
Чем дальше «пульт управления» от места предполагаемого воспламенения, тем большее напряжение необходимо создать в цепи. Так, при расстоянии 10 м достаточно батарейки в 4,5 В, при удалении до 50 м необходима батарея на 18 В, а при дистанции 100 м требуется аккумулятор на 24 В и провод большого сечения (так называемая «шина питания»).

Для подачи электропитания к запалу обычно применяют медные провода диаметром не менее 0,5 мм с влагостойким покрытием.

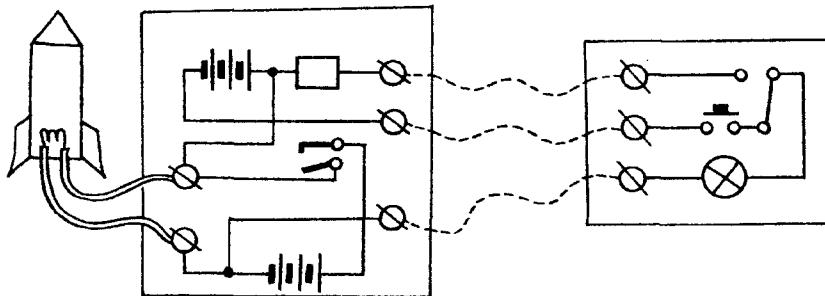
На практике чаще используют системы воспламенения с контрольной лампочкой. Такой способ зажигания позволяет в режиме «Контроль» оценивать целостность электроцепи. В этом положении загорается контрольная лампочка, но так как её сопротивление во много раз превышает электросопротивление спирали воспламенения, запал «сработает» только в режиме «Пуск».

Бывалые пиротехники, из опасения опять взорваться из-за чьей-то шутки во время установки запала, ставят на пульт управления разъём с личным ключом.

Подобную систему зажигания применяют для запуска нескольких пиротехнических фигур.

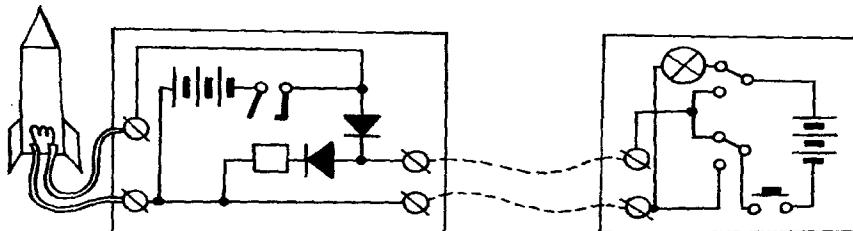


Наличие единого источника питания для контроля цепи и запуска фейерверка приводит к большим потерям электроэнергии и затрудняет повторность пусков. В этом плане выгодно отличаются стартовые устройства с раздельным питанием.



Трёхпроводная релейная схема надёжно работает даже на удалённом расстоянии. Её пульт облегчён, так как не содержит электрических батарей. Некоторое неудобство создаёт применение трёхжильного кабеля и специальных разъёмов к нему.

Проще в эксплуатации двухпроводная система зажигания с применением реле типа РМС-1 (перемотка проводом 0,12 ПЭЛ), двух диодов Д7Б или Д7В и никромового запала сопротивлением 3 Ом ( $D = 0,09 \text{ мм}$ ).

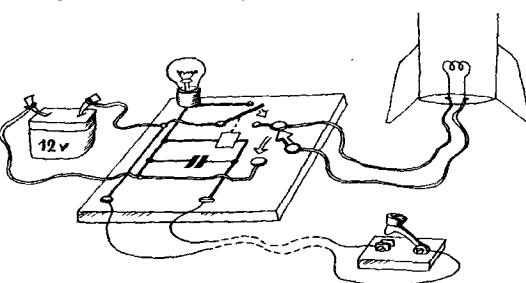


В качестве источника питания в таких системах зажигания обычно применяют последовательно соединённые две батарейки типа КБС-Л-0,5 по 4,5 В (суммарно 9 В) или 8 элементов типа 373 Марс по 1,5 В (в сумме 12 В). Надёжнее и дешевле использовать портативные аккумуляторы от люминесцентных светильников или шахтёрских фонарей.

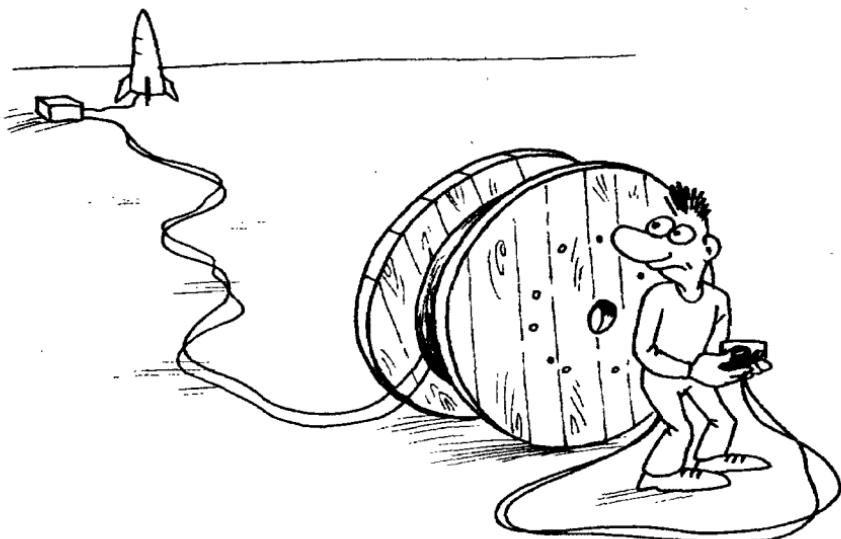


Можете применить автомобильный аккумулятор, только не забудьте накрыть любимую машину асбестовой тряпкой, потому что её придётся оставить возле взрывающихся фигур.

Для воспламенения фейерверков на значительном расстоянии (60-100 м) обычно используют систему зажигания с кон-



денсаторным накопителем. При включении пульта конденсатор на 5 мкФ заряжается и действует на электромагнитное реле (12 В), которое через регулируемое время замыкает контур. Контрольная лампочка от автомобиля или ёлочной гирлянды позволяет визуально оценить исправность системы зажигания.



Осталось зарядить аккумулятор или купить батарейки, отойти подальше и нажать на кнопку «старт». Задержка воспламенения составит от долей до 5 секунд (особенно в зимнее время года).



Если Вам повезло, и Вы раздобыли профессиональный пульт подрывника, имейте в виду, что ручку магнето лучше крутить сухими руками, а проверять «контакт» языком при напряжении выше 36 В опасно для жизни!



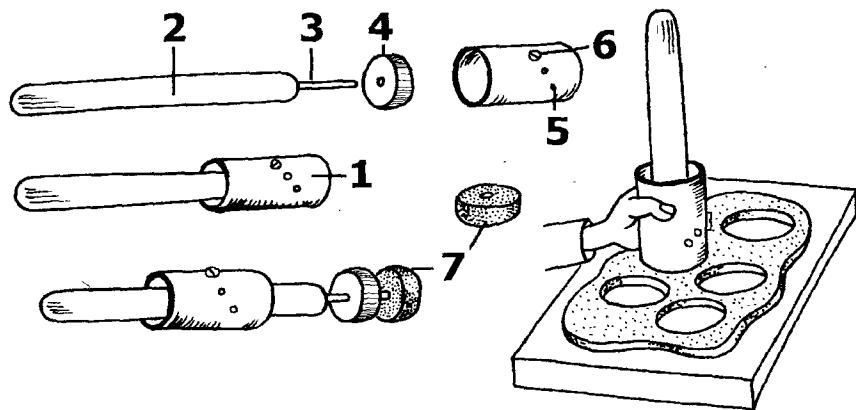
## Глава 26. Мы не самостоятельные

### 26.1. И звезда с звездою говорит

«Если звёзды зажигаются, значит, это кому-то нужно». А если это нужно Вам, то без пиротехники не обойтись точно.

«Звёздки» или «огненные шарик» представляют очень важный элемент любого фейерверка, хотя и не являются самостоятельными пиротехническими фигурами. По цели своего назначения они бывают помпфейерные, ракетные и разрывные.

Помпфейерные звёздки делаются в виде цилиндриков с центральным полым каналом в 1-2 мм для передачи огня пороху, который засыпается под звёздку для её «выстреливания».



Механизм для выпрессовки таких звёздок весьма прост. Его не трудно изготовить из металлической трубы (1) и разборного поршня, состоящего из ручки (2) со вставленным в неё металлическим стержнем (3) и съёмной втулкой (4) из металла, а ещё лучше плотной резины. В корпусе металлической трубы имеются регулировочные отверстия (5), куда крепится винт (6), ограничивающий глубину хода поршня.

Работают таким инструментом как детской «пасочкой», предварительно раскатав на толстом стекле формовочную массу (табл. 44-52) и обильно потрусиив её пороховой мякотью для облегчения

воспламенения. Толщину образуемой «таблетки» (7) из прессованного горючего с центральным каналом регулируют, переставляя винт (6).

Пороховой слой можно нанести в виде подмазки на торцы звёздки и даже в пороховой канал. Чтобы пороховая масса при этом не отслаивалась, удобнее использовать промежуточный слой, состоящий из смеси основного вещества с дымным порохом (1:1).

Ещё легче и надёжнее поджигаются звёздки, покрытые подмазками на основе хлоратных порохов (табл. 8), но они обладают повышенной чувствительностью к удару.

Звёздки на водной клеевой основе сохнут долго даже в тепле (3-5 суток). Применение в качестве цементаторов спиртового идитола или разведенного нитролака значительно ускоряет процесс и снижает вероятность самовоспламенения бертолетовых составов.

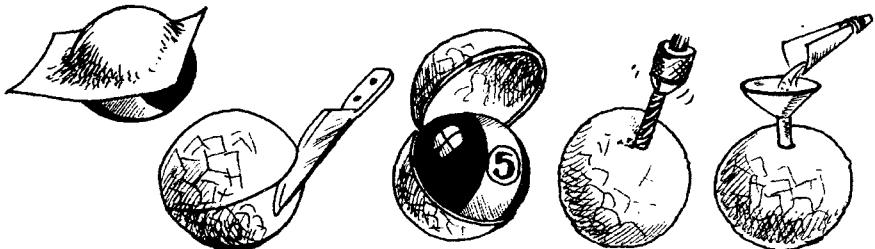
**Ракетные звёздки** бывают шаровидной, цилиндрической и кубической формы. Последние готовятся легче и быстрее остальных. Достаточно на стекле раскатать формируемую массу толщиной 5-10 мм, обильно присыпать её пороховой мякотью и нарезать тонкой металлической пластинкой или плоским ножом кубики, каждый раз смешая по стеклу отрезанный пласт. Звёздки снимают с листа, дополнительно «опудривают» мякотью, складывают тонким слоем и осторожно высушивают.

Для получения некрупных зёрен сырую массу протирают пестиком, а ещё лучше стеклянной пробкой через проволочное сито с отверстиями 3-6 мм. Чтобы сформировать звёздки цилиндрической формы, используют пробивные сита, а если дело поставлено на широкую ногу, то без мясорубки не обойтись.

Если захотите придать им округлую форму, в сыром виде осторожно перенесите в банку с равным объёмом того же сухого состава и «катайте» в одну сторону. «Готовые» зёрна попудрите пороховой мякотью, а после сушки отсортируйте просеиванием.

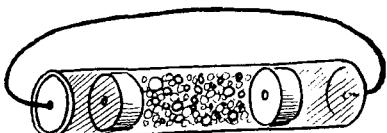
Вместо пламенного состава можно взять искристый – так готовят **«огненный дождь»** (табл. 52). Ещё лучше для этого искристый состав набить в тонкие гильзы и нарезать в виде цилиндров. Воспламенение таких фигур напоминает огненные капли или горящие колосья.

**Разрывные звёздки**, или как их называли раньше, «гранаты», вначале загораются яркими роскошными шарами, а потом рассыпаются на множество мелких огоньков разного цвета. Именно они являются главным украшением любого салюта. А приготовить их несложно. Для шаблона лучше всего подойдут деревянные шарики диаметром 2-4 см, но можно воспользоваться и подручными средствами: теннисными и бильярдными шарами, а если позволяют средства – скорлупками от «киндер-сюрприза». Их натирают сухим мылом, заворачивают несколькими слоями газеты и обклеивают бумагой на клейстере, пока толщина стенок не составит 1,5-2 мм. Дав-



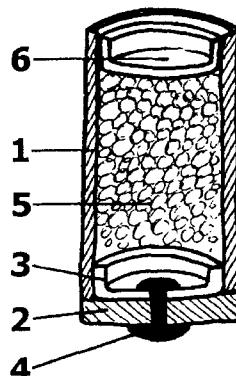
высохнуть, разрезают бумагу, вынимают шаблон, делают отверстие диаметром 4-5 мм и снова склеивают полусфера холщовой полосой или бумагой. Сухой шар наполняют цветными огненными зёренами, присыпают несколько граммов дымного пороха, затыкают отверстие коротким куском стопина, обмазывают всё изделие раствором камеди, обваливают в сухом пиротехническом составе, повторив эту операцию 3-4 раза, пока горючий слой на шарике не составит 4-5 мм, окончательно припудривают пороховой мякотью и тщательно сушат.

**Цилиндрические рассыпные звёздки** готовят так: берут гильзу длиной 5-8 см и отступая четверть длины, вгоняют в неё на kleю деревянный кружок с отверстием в центре, покрытый с обеих сторон пороховой подмазкой; насыпают в гильзу огненные зёра, мякоть и закрывают таким же кружком, отступая на четверть от края гильзы. Оба торца заполняют тестом цветного пламенного состава,



присыпают мякотью и для одновременного воспламенения концов иногда по оси обматывают стопином.

Для мортирок небольших калибров применяют **специальные разрывные звёздки**. Толстостенную гильзу подходящего наружного диаметра разрезают на отдельные трубочки длиной 3-4 калибра (1). К одному торцу подклеивают основание в виде толстого картонного кружка (2) с отверстием в 2-3 мм посередине. Внутрь гильзы до основания загоняют гнутий П-образный картонный пыж (3) с отверстием по центру в 4-5 мм так, чтобы его гофрированная «юбка» на kleю плотно пристала к стенке. Торец гильзы густо покрывают пороховой подмазкой (4) так, чтобы часть продукта выдавилась через канал внутрь контейнера. Подсущенные гильзы заполняют цветными зёрнами (5), добавляют пару граммов мякоти и заклеивают аналогичным пыжом (6).



Для приготовления звёздок в основном применяют пламенные медленногорящие пиротехнические смеси, слегка смоченные раствором цементатора. С этой целью вполне подходят описанные составы сигнальных огней (табл. 28-35), но лучше использовать специальные прописи, адаптированные для этого (табл. 44-52). Содержание цементатора в таких смесях обычно не превышает 3-5%.

Применяемые для склеивания горючей массы полисахариды (декстрин, крахмал и камеди) замешивают на воде, полимерные и природные смолы (мастикс, шеллак, канифоль, акароидную смолу и бентонит) – на спирту, а нитроцеллюлозу и нитролаки – на ацетоне или 646 и 647 растворителе.

Составы, содержащие сало или стеарин, без труда поддаются прессованию. Смеси, включающие сахарозу либо лактозу, тоже можно прессовать, предварительно чуть смочив водой.

Наиболее распространёнными компонентами составов звёздок белого огня (табл. 44) являются: нитрат свинца (сост. 855-860), сульфид сурьмы (сост. 860-872), металлическая сурьма (сост. 858,

871-875), реальгар (сост. 875, 876), свинцовый сурик (сост. 868, 877, 879), сульфид олова (сост. 879, 880) и даже свинцовые белила (сост. 881).

Для более лёгкого возгорания и усиления яркости свечения в такие смеси чаще всего вводят хлорат или перхлорат калия.

В числе удачных рецептов звёздок белого огня следует отметить искристый состав 867; совершенно белый, очень чистый, мало блестящий и требующий подмазки для лучшего воспламенения состав 879; ярко-белые, требующие пороховой подмазки, составы 859 и 877.

**Таблица 44. Составы звёздок белого огня**

%	№	863	864	865	866	867	868	869
Калия нитрат		68	61	72	62	72	60	70
Свинцовый сурик								7
Сера		12	23	19	20	12	6	21
Сурьма								2
Сурьмы (III) сульфид		20	15	7	16	13	27	6
Уголь древесный			1		2	3		1
Шеллак				2				

Таблица 44. Продолжение

%\ №	877	878	879	880	881	882	883
Калия нитрат	19		60	64			67
Калия хлорат		40			40	50	
Калия перхлорат	38						
Бария нитрат		20			19		
Свинцовые белила					21		
Свинцовый сурик	19	20					
Сера	24	20	20	20	20		32
Олова (II) сульфид			20	14			
Уголь древесный							1
Магниевые опилки						20	
Сахароза						30	
Камедь					2		

Большинство же применяемых прописей позволяют приготовить прекрасные звёздки белого огня с нежным голубоватым или зеленоватым оттенком, которые на расстоянии воспринимаются как чисто-белые. Среди лучших подобных композиций состав 855 Шертье с голубоватым оттенком; благородный, ярко-голубоватый состав 857; блестящий, слегка голубоватый состав 861; яркие, бело-голубоватые прессуемые без труда составы 871 и 872; очень красивый, бледно-зеленоватый, легковоспламеняемый состав 856; яркий с зеленовато-луенным оттенком, быстрозагорающийся состав 878.

Пиротехническую композицию 870 чаще применяют для помпфейеров, а составы 868, 869, 874 и 882 обычно используют для белых звёздок ракет, бураков и букетов. Смесь 881 со свинцовыми белилами горит менее ярко, чем со свинцовым суриком (сост. 876) и больше дымит.

Состав 864 даёт белый, блестящий, слегка голубоватый огонь. Для его усиления можно добавить до 1% пороховой мякоти, но пламя приобретает слегка розоватый оттенок.

Для создания звёздок красного огня (табл. 45) в основном применяются соли стронция: нитрат (сост. 884-905), ацетат (сост. 906-909), карбонат (сост. 910-913), оксалат (сост. 914-921) и даже сульфат (сост. 922). Введение в такие составы сульфида сурьмы (сост. 884-889) облагораживает пламя, делая его «чистым» и ярким. Напротив, добавка к подобным смесям каломели ( $Hg_2Cl_2$ ) позволяет получить густое, но не яркое, кармазиновое пламя, очень красивое вблизи.

Составы 886 и 887 сгорают чистым, блестящим, не очень густым, красным огнём (краплак) и превосходны на расстоянии. Смесь 889 даёт очень яркое, великолепное, пурпурное пламя. Превосходные звёздки пурпурного огня получаются из старинного пиротехнического состава 891. Чудесным, карминовым пламенем отличаются составы 892, 894 и более яркий 915. Благородный, пунцовый цвет дают составы 895, 901 и знаменитые огненные композиции Шертье 896 и 897.

**Таблица 45. Составы звёздок красного огня**

%	№	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894
Калия хлорат		26	42	24	23		27	30	18	18	43	18
Калия перхлорат						23						
Стронция нитрат		44	31	48	47	46	44	44	43	46	21	44
Меди (II) сульфид								5	4	4	5	5
Сера		21	15	18	18	20	20	6	10	14	12	14
Сурьмы (III) сульфид		4	9	9	12	11	3					
Уголь древесный		3					3		1	1	2	2
Каломель								15	16	13	12	13
Шеллак									6	2	3	3
Декстрин									2	2	2	1
Мастикс		2	3	1			3					

Таблица 45. Продолжение

%	№	915	916	917	918	919	920	921	922	923.	924	925
Калия нитрат		3					3				78	
Калия хлорат	58	57	67	61	75	64			47	83		73
Калия перхлорат							63					
Стронция оксалат	9	7	11	8	13	11	10					
Стронция сульфат									35			
Сера	29		22				21	27				27
Уголь древесный									1	17	17	
Каломель		6							9			
Лактоза				31								
Шеллак									8		5	
Камедь	1	1					1					
Крахмал		29										
Асфальт					12							

Звездки, приготовленные из смеси 898, тоже образуют яркое, пунцовое пламя, но с тонкой примесью желтизны. Состав 904 горит пунцово-оранжевым цветом с очень большим пламенем, а для его усиления можно заменить крахмал лактозой. Замечательный, чисто-красный, не очень яркий огонь образуют пиротехнические смеси 914 и 916, которые к тому же могут очень долго сохранять горючесть даже во влажной атмосфере.

Прекрасное, тёмно-розовое (карминовое) пламя с фиолетово-красным оттенком образует состав 920. Он несколько слабоват и трудно загорается без подмазки. Если содержание селитры в нём уменьшить до 2%, в его окраске начнёт преобладать лиловый цвет.

Яркое, блестящее, алое пламя дают смеси 913 и 921.

Даже если у Вас нет солей стронция, приготовить звёздки красного огня можно на основе смеси бертолетовой соли с сажей (сост. 923), сгорающей без блеска специфическим густо-красным пламением цвета кумача. При этом сажа должна быть лёгкой и пушистой, иначе появится желтоватый оттенок. Подобный эффект вызывает селитро-угольная смесь с шеллаком (сост. 924), благородный, вишнёвый цвет пламени которой слегка омрачён лёгкой желтизной.

Рецепты звёздок розового огня (табл. 46) также включают нитрат стронция (сост. 926, 927) и его оксалат (сост. 928, 929), но чаще вместо них используют более дешёвый мел (сост. 930, 931) либо тонкоизмельчённый мраморный порошок (сост. 932-934). С этой же целью иногда также применяют ацетат (сост. 928) и оксалат кальция (сост. 935).

Таблица 46. Составы звёздок розового огня

%	№	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936
Калия нитрат					22	4			22			
Калия хлорат	45	37	45	52	38	55	59	52				
Калия перхлорат										54	42	55
Стронция нитрат	22	18										
Стронция оксалат				45	4							
Кальция ацетат					4							
Кальция оксалат										33		
Лития карбонат											18	
Меди сульфид			4									
Свинца нитрат		4										
Сера	27					28	17	19		20	21	24
Сурьмы (III) сульфид		3										
Уголь древесный				1		2						
Мел						28	26	19	6	25		
Каломель		30										
Шеллак		8	5									
Мастикс	2							3		1		
Крахмал				18		2			17			
Стеарин										4	3	
Ликоподий					4				3			

Таблица 47. Составы звёздок оранжевого огня

%	№	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947
Калия хлорат	30	17	57	52	23	56		56		65	50	
Калия перхлорат								53		53		
Натрия нитрат	9											
Натрия оксалат		12		10	2			2	2	3	5	
Стронция нитрат	36	53	19	20	47							
Стронция ацетат										16		
Стронция оксалат								21	20			
Стронция карбонат							20	19				
Сера	22			17	18	22	26	21	25		20	
Сурьмы (III) сульфид						9						
Уголь древесный	3			1								
Мрамор											25	
Сода							2	2				
Криолит			2									
Шеллак		18								16		
Декстрин			22									
Мастикс						1						

Красивое, розово-красное окрашивание с нежным, искристым шлейфом даёт при горении состав 926, активированный нитратом свинца. Великолепное, чистое, розовое, насыщенное пламя образу-

ется при поджигании смеси 927. Ещё более густую, розовую окраску без дыма проявляет состав 928. Необычайно яркие, нежно-розовые звёздки очень красивые вдали готовятся из пиротехнической смеси 929.

Составы, содержащие кальций (сост. 930-935), излучают специфический, розово-красный огонь с кирпичным оттенком, причём, более удачный цвет чаще даёт измельчённый мрамор. Особенно яркий, блестящий, розово-оранжевый огонь образуют смеси 934 и 935, которые для лучшего воспламенения требуют пороховой подмазки. Состав 935, содержащий оксалат кальция, плохо хранится в порошке ввиду образования соответствующего моногидрата, поэтому его сразу прессуют в звёздки на стеариновой основе.

Чудесное, блестящее, малиновое пламя даёт смесь 936, содержащая карбонат лития.

Звёздки оранжевого огня включают компоненты красного и жёлтого окрашивания (табл. 47). Некоторые из них (например, состав 938) скорее можно охарактеризовать как красно-оранжевые. Весьма красив и блестящ состав 941. Яркую, оранжевую окраску пламени дают перхлоратные смеси 943 и 945, для надёжного воспламенения которых лучше использовать пороховую подмазку. Составы 938, 939 и 946 могут применяться в помещении.

Композиции для звёздок жёлтого пламени (табл. 48) содержат соли натрия. Лучше всего для этого подходит нитрат натрия (сост. 948, 949), однако такие смеси гигроскопичны и долго не хранятся. Чаще с этой целью используется оксалат натрия (сост. 950-963).



Также применяют криолит (сост. 964-967) и даже соду (сост. 968-970), которую предварительно обезвоживают нагреванием. Пищевую бикарбонатную соду употреблять с этой целью нежелательно, так как она уменьшает пламя.

Чрезвычайно-яркий, красивый, жёлтый огонь дают составы 948 и 949. Заслуживает внимания доступная и недорогая смесь 952, эффективно сгорающая совершенно жёлтым, не блестящим светом; для её усиления можно добавить сажу. Очень чистый и блестящий цвет пламени проявляет состав 954, а его силу несложно регулировать селитрой.

**Таблица 48. Составы звёздок жёлтого огня**

%	№	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959
Калия нитрат				70	65	64	21					68	
Калия хлорат			61				45	50	55	45			
Калия перхлорат													64
Натрия нитрат	67	68											
Натрия оксалат			20	8	14	12	10	42	28	11	12	7	
Бария нитрат												22	
Сера	17	21	19	20	20	21	20	4	15	22	17	26	
Сурьмы (III) сульфид	8	7											
Уголь древесный	6	4			1		2				*	3	3
Декстрин				2		3							
Камедь											2		
Мастикс	2						2						
Стеарин									4				

В спектре молекулярного поглощения солей бария кроме зелёной полосы фиксируются ещё несколько красных, наверное, поэтому добавка нитрата бария в присутствии оксалата натрия позволяет приготовить звёздки жёлтого огня богатого насыщенного цвета с красивым блестящим отливом (сост. 957).

Смеси 959 и 961 горят отличным, негустым, весьма ярким, жёлтым пламенем и лучше смотрятся издали. Звёздки, приготовленные из составов 960-964, можно сжигать в помещении.

Составы звёздок зелёного огня (табл. 49) содержат соли бария: нитрат (сост. 972-993), хлорат (сост. 987-999) и карбонат (сост. 1000, 1001), а также его пероксид (сост. 1002). Для изготовления пиротехнических композиций 973-975 и 981-983 вместо древесного угля чаще применяют сажу.

К числу пиротехнических смесей негустого, зелёного, блестящего пламени принадлежат составы 976, 979, 997.

**Таблица 49. Составы звёздок зелёного огня**

%	№	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981
Калия хлорат	30	37	34	30	24		35	32	16	23	
Калия перхлорат						23					
Бария нитрат	47	39	40	50	49	47	39	36	55	45	
Сера	21	20	24	17	18	21	18	18	16	15	
Сурьмы (III) сульфид					9	9	5	5	3		
Уголь древесный		2	2	1					2	1	
Каломель								7	8	15	
Шеллак				2						1	
Декстрин	2						•				
Камедь		2									
Мастикс							3	2			

%	№	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991
Калия хлорат	48	28	40	13							
Калия перхлорат					46						
Бария нитрат	40	56	20	65	38	16	19	27	66	46	
Бария хлорат						63	54	54	17	33	
Свинца хлорид				4							
Сера	10	14		18	14	18	26	18		18	
Уголь древесный					1					3	
Сажа	1	1									
Каломель4	1	1	20		1						
Лактоза			20							17	
Шеллак											
Мастикс						3	1	1			

**Таблица 49. Продолжение**

%	№	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002
Калия хлорат		22								76		
Калия перхлорат											71	66
Бария нитрат		44	18						18			
Бария хлорат		22	57	60	73	84	75	64	41			
Бария карбонат										8	7	
Бария пероксид												14
Сера			23	8	24				16	13	22	20
Уголь древесный		1							3			
Каломель				22				25	12			
Лактоза							25					
Шеллак		11		10		14		11				
Декстрины			2			2						
Мастикс					3				10			
Стеарин										3		

Одна из лучших композиций зелёного огня с азоткислым барием – смесь 981. Бледно–зелёные составы 984 и 997 эффективно смотрятся в помещении. Богатое, густое, насыщенное, но менее блестящее пламя дают смеси 980, 982, 985 и 998. Великолепный, изумрудный огонь с большим блестящим шлейфом образуют составы 988, 989 и 995.

Очень насыщенное, довольно яркое, короткое, изумрудное пламя состава 983 может украсить любой фейерверк, но эта смесь загорается чуть труднее.

Горючие композиции для звёздок голубого и синего пламени в качестве главного «окрашивающего» компонента содержат соли меди (табл. 50). Чаще всего это карбонаты: горная синь (сост. 1003-1008) и малахит (сост. 1009-1013).

**Таблица 50. Составы звёздок синего и голубого огня**

Таблица 50. Продолжение

%	№	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	
Калия хлорат		56	58	35	47	33	36	28	39	37	
Меди (II) сульфид				26				16	25	26	
Тетрамминокупрохлорат				22	34	37	33	31			
Малахит		24	19								
Сера		18	22	17	17						
Каломель						19	17	16	24	25	
Сахароза						6		5			
Шеллак							10				
Декстрин					2				10	9	
Камель			1								
Мастикс		2					5	4	4	2	
Стеарин										3	
%	№	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030
Калия нитрат				13				4			36
Калия хлорат		38	39	45	44	43		31	35	39	
Калия перхлорат							41				
Бария нитрат			13	15							
Меди (II) сульфид		21									
Меди (II) оксид						30	28				
Меди (II) ацетат			13	15	15						
Сера			22	25		25	29				
Уголь древесный									6	6	
Медные опилки								15	17		
Цинковые опилки										52	55
Каломель		30			26			31	26		
Сахароза		9			15						
Лактоза								19	22		
Канифоль										3	
Камедь							2				
Мастикс						2					3
Стеарин		2									

Прекрасные результаты даёт применение комплексных аммиакатов меди: тетрамминокупронитрата и тетрамминокупрохлората (сост. 1014-1018), но в силу гигроскопичности такие составы долго не сохраняются.

Очень надёжно и красиво «работают» сульфиды меди (сост. 1005, 1006, 1011, 1014, 1018-1021). Реже используется ацетат меди (сост. 1022-1024), её оксид (сост. 1025, 1026) и даже медные опилки (сост. 1027, 1028).

Так, состав 1004 довольно яркий и сильный; при увеличении содержания горной сини его пламя темнеет и ослабевает, а от каломели напротив делается голубым и чистым.

Лазурным цветом сгорает смесь 1005. Прославленный состав Фрэя 1006 горит ещё ярче с блестящим оттенком. Богатое, насыщенное, небесно-голубое пламя даёт ещё одна знаменитая старинная смесь 1014. Яркий, светло-голубой цвет образует состав 1021.

Звёздки, изготовленные из композиций 1022 и 1025, сгорают лилово-голубым огнём, причём, состав 1025 горит очень быстро. Чистое, колоритное, ярко-голубое пламя даёт смесь 1023.

Очень эффектно смотрятся густо-голубые звёздки состава 1024. Лиловым цветом очень быстро сгорает пиротехническая композиция 1025.

Чистым, насыщенным, не очень ярким, голубым, искристым огнём горит состав 1027, содержащий медные опилки. При убавлении каломели его цвет бледнеет, но смесь становится сильнее.



Осторожно! В восстановительной среде (например, угарного газа) окраска пламени медных составов может смешаться в зелёную часть спектра. Этому способствует включение в «медные» смеси повышенных доз древесного угля, а также замена серы сахарами и горючими смолами. Вернуться к синей окраске пламени позволяет дополнительное введение в подобные композиции галогенов.

Включение в пиротехнические составы цинковых опилок приводит к образованию звёздок большого, нежного, искристого, зеленовато-голубого пламени, которое слегка дымит, но дым сравнительно не токсичен (сост. 1029 и 1030).

Смеси голубого огня, содержащие стеарин, несложно прессуются (сост. 1016-1021) и не требуют дополнительных цементаторов.

Звёздки фиолетового огня (табл. 51) состоят из композиций красного и голубого цвета.

Смесь 1032 сгорает блестящим, фиолетовым сиянием и особенно хорошо смотрится издали. Составы 1034 и 1044 очень эффектны; они, пожалуй, больше красные, чем фиолетовые, при этом весьма блестящие и искристые.

Исключительно красивый, насыщенный цвет и блеск даёт смесь 1036. Звёздки из составов 1041 и 1042 горят благородным, искри-

стым, блистающим, фиолетовым огнём, причём, композицию 1042 иногда даже используют в помещениях.

Смесь 1043 образует голубовато-фиолетовое, сверкающее пламя, довольно большое, но не яркое; а чтобы оно стало краснее, увеличивают содержание медных опилок. Фиолетовый огонь с голубизной и без блеска даёт состав 1045.

Лилово-фиолетовое пламя характерно для композиций 1047, 1049 и 1057, причём, состав 1049 из них наиболее яркий.

**Таблица 51. Составы звёздок фиолетового огня**

%	№	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039
Калия хлорат		46	42	63	24	47	25	47	41	50
Стронция нитрат		5	19	5	24	19	25	19	18	20
Стронция ацетат		24		5						
Меди (II) сульфид							20			
Свинца нитрат		3		3						
Сера		19	28	21	15	21	14	22	31	19
Уголь древесный						3		2		1
Медные опилки					19					
Горная синь			5			10				10
Малахит								10	5	
Каломель		5			15		14			5
Шеллак							1			
Декстрин		3		3						
Камедь					3					
Мастикс		1					1			

%	№	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048
Калия нитрат					4					
Калия хлорат		49	48	35	31	43	48	35	63	56
Стронция оксалат		15	8	4	4	13	15			
Стронция карбонат								3	15	
Стронция сульфат							35			
Меди (II) сульфид								7		
Сера		18	16			16	18	5	31	22
Медные опилки			17	13	11	16				
Горная синь							6			7
Меди (II) ацетат		5								
Сода									3	
Криолит		12								
Каломель			8	26	31	11	12	14		
Лактоза				22	19					
Шеллак								4		
Камедь		1	3			1	1			

Таблица 51. Продолжение

%	№	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057
Калия хлорат		52	52	54	60		40	59	59	
Калия перхлорат	59					56				
Стронция карбонат	3									
Меди (I) сульфид		3	6				17			
Свинца нитрат		3								
Сера	35	21	22	22	20	25	17	29	29	
Мел		18	19			8	14			
Мрамор				16	8					
Малахит					8	12	11			
Сода	3									
Каломель							12			
Декстрин		3	1							
Мастикс								3	3	
Состав 912								9		
Состав 1003									9	

Искристые составы для огненного дождя и звёздок чаще всего бывают трёх типов (табл. 52). Прежде всего, это мелкоискристые горючие композиции на основе дымного пороха с повышенным содержанием древесного угля (сост. 1058, 1059).

Таблица 52. Искристые составы для звёздок и огненного дождя

%	№	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068
Калия нитрат	60		67	50	51	50		42				
Натрия нитрат		55					45					
Свинца нитрат									68	75	89	
Сера	10	10	16	13	13	8	8	6				
Уголь древесный	30	35	2	12	10	9	9		10	25	11	
Сажа								40				
Древесные опилки									6			
Железные опилки			15	25	26	33	38	6	22			

Исключительно красиво смотрятся звёздки из так называемых «бриллиантовых» составов, содержащих железные опилки (сост. 1060-1066).

Так, смесь 1060 даёт подвижное, красноватое пламя с множеством блестящих, почти белых искр. Иногда она применяется для изготовления фигурных свечей.

Аналогичные составы 1061-1063 широко используются в технологии «серебряного дождя» и звёздок с длинным бриллиантовым лучом.

В композициях «золотого дождя» (сост. 1064) калийную селитру заменяют натриевой и не включают водосодержащих цементаторов. Ещё более красочно выглядит комбинированный состав 1065, содержащий также древесные опилки и сажу, что дополняет бриллиантовый дождь красным искристым шлейфом.

Особый вид мелкоискристого пламени вызывает введение в пиротехнические смеси нитрата свинца. Состав 1067 применяют для густого и очень мелкого, серебряного дождя. Великолепный, насыщенный, мелкоискристый огненный дождь можно приготовить из композиции 1068. И совсем потрясающе горит комбинированная смесь 1066, используемая в технологии золотого дождя, фонтанов и особых звёздок, богатых искрами, так называемых «огненных колосьев», которые они напоминают.

## 26.2. Свистки с реактивной тягой

**В** такой «свисток» дуть не надо. Достаточно в картонную гильзу длиной 10 см и внутренним диаметром 8 мм, заглушенную

с одной сто-  
роны бумаж-  
ным пыжом,  
аккуратно  
запрессовать  
наполовину  
пикратом

аммония или  
калия, их смесью с  
нитратом калия (7:3,  
сост. 801) или компо-  
зицией хлората калия  
с пирогалловой кисло-  
стью (1:1, сост. 802).

Для облегчения  
вспламенения изде-  
лия его торец лучше  
на 0,5 см забить зажи-



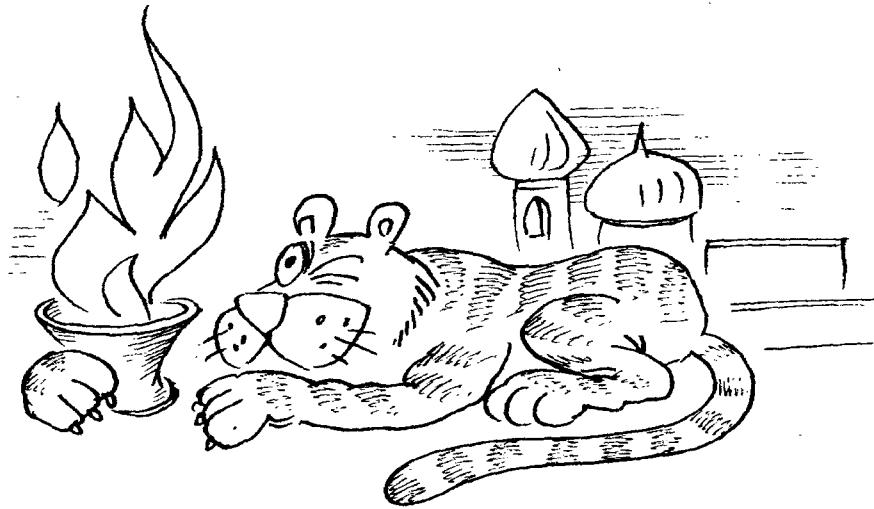
гательной подмазкой и припудрить пороховой мякотью. При поджигании свисток издаёт звук падающей авиабомбы.

Это пиротехническое изделие также не является самостоятельной пиротехнической фигурой. Иногда им снаряжают ракеты, мортиры и бураки.

## Глава 27. Приземлённое чудо

### 27.1. С приветом из Бенгалии

**Л**ично мне они напоминают новогоднюю ёлку, хотя индусы придумали их, чтобы облегчить общение со Всевышним. Правда, в те далёкие времена **бенгальские огни** имели другой вид. Их насыпали у подножия храма в плоские каменные блюда в виде конуса и зажигали сверху ко всеобщему восторгу верующих.



В композиции фейерверков этот вид пиротехнических изделий применяют для живописного освещения декоративного фронта (фасада зданий, декораций, статуй, любимых беседок или даже красивого потолка). Чаще само пламя таких составов, горящих ярким светом, закрывают от глаз наблюдателей так, чтобы было видно только освещаемый предмет.

Для приготовления бенгальских огней подходят любые слабые пламенные составы, в том числе сигнальные и осветительные огни, а также пиротехнические смеси для звёздок, но лучше использовать проверенные и «отшлифованные» столетиями специально для этой цели (табл. 53-59).



Если в качестве ёмкости для сжигания огней будете использовать тарелки от китайского фарфорового сервиса – не забудьте на дно всыпать слой сухого песка, это поможет сохранить их до следующего раза.

Продукты сгорания большинства таких составов весьма токсичны, и сжигать их можно только на открытом пространстве.

Чтобы замедлить горение бенгальских огней вместо древесного угля, часто используют сажу.

Можно высыпать приготовленную смесь на поднос или лучше сковородку (не обязательно с тефлоновым покрытием) в виде тонкой, свернувшейся спиралью змейки, и поджечь её даже окурком сигареты.

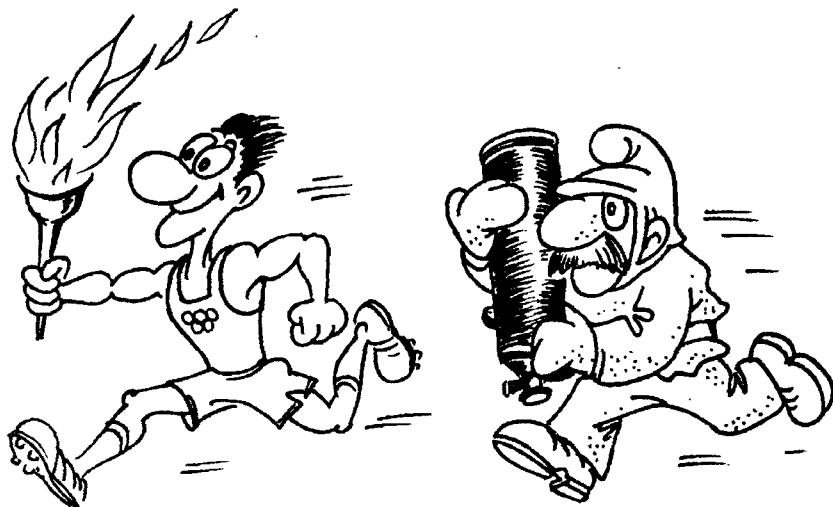
Иногда бенгальские огни формируют в виде горючих палочек. Приготовленную шихту смачивают 3-5% раствором гуммиарабика или декстрина и выпрессовывают через гильзу цилиндры высотой в 3-4 калибра. С этой целью хорошо подходят составы для звёздок.

Для удобства пользования придумали так называемые «фальшфейеры» – бумажные тонкостенные гильзы с ручкой, набитые составом бенгальского огня.

Такие гильзы катают из чистой бумаги калибром от 15 мм до 8 см, подклеивая крахмальным клейстером только последний слой. Число слоёв делают равным 1/5 калибра, выраженного в миллиметрах. Гильзу заклеивают с одного торца и загоняют небольшую про克莱енную бумажную пробку.

Запрессовку в неё горючих веществ лучше проводить в форме. Основание гильзы на один калибр забивают сухой глиной для крепления в ручке-держаке. Если же таковым Вы ещё не обзавелись, набейте в трубку побольше глины, чтобы было за что держать её рукой. Состав всыпайте небольшими порциями, набойник должен входить в гильзу свободно. В конце закладывают кусок стопина, выступающий на несколько сантиметров наружу, примазывают его

пороховой подмазкой и припудривают мякотью. Сверху наклеивают крахмалом бумажный кружок соответствующего цвета.



Для применения бенгальских огней в помещении используют составы без серы, чаще со шеллаком либо канифолью. Неплохие результаты даёт использование в качестве горючей основы полисахаридов: сахарозы и лактозы.

Иногда к бенгальским составам прибавляют металлический магний, от этого они несколько дымят, зато яркость их многократно увеличивается. Обычно, их называют «факелами» и применяют для освещения декораций.

Вспомним, что сера, сурьма, олово, ртуть, цинк, мышьяк и свинец излучают в голубой, и частично синей области спектра, калий в фиолетовой, медь в синей и зелёной, а барий в зелёной и жёлтой, поэтому в зависимости от концентрации и соотношения составы на их основе горят голубым, голубоватым, зеленоватым и белым пламенем (табл. 53)

Весьма яркий, голубовато-белый луч даёт состав 1072; для его усиления иногда добавляют антимоний. Великолепным, голубоватым цветом сгорают старинные бенгальские смеси 1082-1084. Превосходное, белоснежное пламя образует близкая к ним по составу композиция 1081. К сожалению, их пары весьма токсичны.

Таблица 53. Составы белого бенгальского огня

%	№	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078
Калия нитрат		57	67	63	71	51	72	69	68		70
Калия хлорат										39	
Свинца нитрат										39	
Железный сурик						3					
Сера	29	22	29	23	33		18	17	20	20	19
Сурьма											2
Сурьмы (III) сульфид	14	11	7	6	13		10	14	12	2	9
Уголь древесный				1							
%	№	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	
Калия нитрат				69	50	56	68	73			57
Калия перхлорат	65	66									
Бария нитрат					5						
Свинца нитрат					10	8				69	
Сера	30	25	22	14	16		16	21			29
Сурьма					13	11	10				14
Сурьмы (III) сульфид	5	3	3								
Реальгар			6	6	7	8	5	6	23		
Уголь древесный							1				
Шеллак					1	1				8	
%	№	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	
Калия нитрат	51				70	63	75	75			
Калия хлорат		41	36							37	
Калия перхлорат										34	
Бария нитрат		34	38						51	55	
Бария карбонат									1	1	
Свинцовый сурик	17										
Олова сульфид					6	5	3				
Сера	13				24	32	20	23	14	7	
Сурьма	19	12	11								
Уголь древесный		4	4				2	2			
Магниевые опилки				3							
Канифоль			9	8							

Необыкновенно красивый, яркий, искристый, бело-зеленоватый, как сияние месяца, огонь дают смеси, включающие нитрат свинца 1077 и 1086. Иногда их используют для изготовления контурных свечей и звёздок.



||| Будьте осторожны! Известны случаи саморазогревания подобных «свинцовых» смесей при высушивании, особенно с использованием некачественных реагентов.

Эталоном «самого чистого» белого огня одно время считался состав **Берцелиуса** 1085, хотя, он слегка желтоват (особенно при удалении) и добавка к нему до 3% антимония не помешает. Весьма чистый, яркий, лилейный огонь дают «оловянные» бенгальские огни 1091-1093. Прекрасное молочно-белое, шелковисто-искристое пламя образует старинный французский состав 1088. Ослепительно-блестящим, ярко-белым с лёгкой голубизной цветом энергично сгорают перхлоратные композиции 1079 и 1080.

Составы, содержащие нитрат бария (сост. 1095, 1096, 1099 и описанный ранее 633), горят богатым ярко-бело-зеленоватым огнём и часто применяются в качестве факелов для освещения декораций.

Ослепительно-белое, с нежно-зеленоватым оттенком, интенсивное пламя дают факельные смеси, усиленные магнием (сост. 1090 и описанный ранее 629).

Составы красного бенгальского огня (табл. 54) включают соли стронция: в основном это нитрат и чуть реже карбонат (сост. 1110, 1111) или оксалат (сост. 1112). Добавление в такие смеси каломели, особенно в сочетании с сульфидом меди, делает их пламя густым и насыщенным, так называемым «карминовым» (сост. 1097-1100). К подобным результатам приводит введение в композицию медных опилок (сост. 1101), благодаря чему огонь становится плотным, пунцово-красным с зеленовато-голубоватыми искрами.

Совершенно чистое, необыкновенно яркое, красное пламя образуют составы 1102-1104, содержащие сульфид сурьмы; а также смесь 1107, включающая металлическую сурьму. Их можно усилить бертолетовой солью, но сочность цвета при этом упадёт.

Густой, ярко-красный огонь большой светосилы дают составы типа 1117. Замена хлората калия селитрой в таких бенгальских огнях приводит к снижению интенсивности их свечения (сост. 1118). Напротив, в присутствии перхлората калия эти смеси сгорают блестящим, ярко-алым пламенем (сост. 1105 и 1113).

Для имитации пожара в кинематографе применяют состав 1124, пылающий красно-оранжевым цветом утренней зари и получивший странное название «красно-капуцинового».

Смеси 1111, 1122 и 1123 при горении не выделяют токсичных газов и могут применяться в помещении. Введение в подобные составы магния делает их ослепительно-яркими, позволяя использо-

вать в качестве осветительных факелов красного огня (сост. 1125-1127).

Густое, розово-красное пламя даёт стронциевый состав 1128, содержащий нитрат свинца (табл. 55). Более бледный и нежный розовый цвет образует смесь 1129, которая также применяется для изготовления фигурных свечей.

**Таблица 54. Составы красного бенгальского огня**

%	№	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104
Калия хлорат		4	7	5	5	4	10	10	26
Стронция нитрат		62	53	60	50	62	65	67	43
Меди сульфид		3	6	1	14				
Сера		15	18	20	18	15	16	17	22
Сурьмы (III) сульфид							6	3	7
Уголь древесный		1					3	3	
Сажа					1	1			
Медные опилки						3			
Каломель		12	14	13	11	12			
Шеллак		3	2	1	1	3			
Мастикс									2
%	№	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112
Калия нитрат					33	40			
Калия хлорат			23	7			47	68	46
Калия перхлорат		14							
Стронция нитрат		57	51	65	40	33			
Стронция оксалат									36
Стронция карбонат							35	20	
Сера		20	19	19	21	21	18		18
Сурьма				6					
Мышьяк						6			
Сурьмы (III) сульфид		7	5						
Реальгар					6				
Уголь древесный		2		3					
Шеллак								12	
Мастикс			2						
%	№	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120
Калия нитрат							15		
Калия хлорат				6	20	8		23	16
Калия перхлорат		20	21						
Стронция нитрат		55	52	68	56	67	60	52	61
Сера		25	24	23	24	22	22	20	21
Уголь древесный			3			3	3	5	2
Сажа				2					
Шеллак				1					

Таблица 54. Продолжение

%	№	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127
Калия хлорат		24	38	13		36		34
Стронция нитрат		48	41	69	83	42	81	45
Сера		26			7			
Уголь древесный				10			8	10
Сажа		2						
Магниевые опилки						3	4	4
Канифоль				8			7	7
Шеллак			21		10	19		

Таблица 55. Составы розового бенгальского огня

%	№	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137
Калия нитрат			5	6	5		28		22	32	8
Калия хлорат	46	38	37		51	37			52	36	55
Калия перхлорат					36			48			
Стронция нитрат	23										
Стронция оксалат									4	14	
Стронция карбонат		28		27		12					24
Меди (II) оксид					3		3				
Свинца нитрат	2										
Сера	29	28	27	31	20	21	24				
Уголь древесный	1	1	1	1		2					
Мел			29		26		25				
Канифоль									18		13
Шеллак										18	
Ликоподий											4

Замена карбоната стронция в этих составах мелом или мрамором приводит к изменению окраски до розово-кирпичной (сост. 1130).

Ярким, блестящим, розовым огнём сгорает перхлоратный состав 1131. Пиротехническая композиция 1132 горит насыщенным, густым, розовым пламенем с жёлто-коричневым оттенком. Смесь 1133 даёт бледно-розовый цвет. Состав 1134 образует насыщенный, яркий, розовый огонь с оранжевыми подпалами.

Бенгальские смеси 1135-1137 можно сжигать в помещении. Канифольные составы 1135 и 1137 горят довольно медленно, причём, состав 1135 – бледно-розовым цветом, а 1137 – более насыщенным. Смесь 1136 даёт чистое румяное пламя.

Составы бенгальских огней оранжевого цвета содержат соли стронция или кальция в сочетании с натриевыми производными (табл. 56).

**Таблица 56. Составы оранжевого бенгальского огня**

%	№	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149
Калия хлорат	48	19	33	51					56	4		3	
Калия перхлорат					48	31	45						
Натрия нитрат		11											
Натрия оксалат				4	4		4	3	14	14	10	9	
Стронция нитрат		46	38			35			61	64	72	73	
Стронция оксалат								27					
Стронция карбонат	31						29						
Сера	18	21	24	20	25	29	22		18	6	13		
Уголь древесный		3						2					
Мел				25	23								
Сода	3		5				5						
Шеллак									12	3	16	2	18

Смесь 1139 даёт красивое, густое, колоритное, оранжевое пламя с красным отливом, но долго она не хранится. Состав 1140 сгорает ярким, живописным, оранжево-красноватым огнём.

Оранжевое пламя с лёгким кирпичным оттенком образуют смеси 1141 и 1142, причём, последняя более яркая. Составы 1143 и 1144 энергично горят блестящим оранжевым цветом. Бенгальский огонь 1145 даёт весёлое, апельсиновое, пламя, подходит для сжигания в помещениях и долго сохраняет горючие свойства.

Основным носителем жёлтого цвета в бенгальских огнях является нитрат натрия, хотя такие составы гигроскопичны и долго не хранятся (табл. 57). Куда лучше для этого подходит оксалат натрия. Реже используется сода (сост. 1154, 1162) и ацетат натрия (сост. 1150).

**Таблица 57. Составы бенгальского жёлтого огня**

%	№	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159
Калия нитрат						31				28	
Калия хлорат	39					30					
Калия перхлорат									28	67	
Натрия нитрат				70	77		71	71	80		
Натрия оксалат			12							19	4
Натрия ацетат	13										
Бария нитрат	19	72									
Сера	20	6	23	19	22	19	12		23	29	
Сурьмы (II) сульфид	6		6	4	7	7	14				
Уголь древесный			1		2		3				
Сажа	3					3					
Сода					8						
Шеллак			10						20	2	

**Таблица 57. Продолжение**

%	№	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170
Калия нитрат		71	70	70	30	72	77			41	80	43
Калия хлорат					30			50	39	39		33
Натрия нитрат									39			
Натрия оксалат		15	9		20	5	10	40				
Сера		13	19	20	18	23	11					
Уголь древесный			2	2				2			11	11
Сажа		1										
Магний (опилки)												6
Сода				8								
Канифоль										9	9	
Шеллак					2			10	22			18

Дополнительное введение в такие составы нитрата стронция делает их тёмно-жёлтое (медово-соломенное) пламя очень концентрированным, придавая ему оранжевый оттенок (сост. 1146-1149, табл. 56). Повышенное содержание солей натрия в подобных смесях, в отличие от описанных выше, способствует тому, что жёлтый цвет всё же доминирует в окраске их пламени.

Очень обильный, чистый, глянцевый, светло-жёлтый (канареечный) огонь образуют смеси, усиленные нитратом бария (сост. 1150, 1151). Яркое жёлто-лимонное пламя большой светосилы дают составы 1152 и 1153. Сверкающим, ярко-жёлтым огнём сгорают перхлоратные смеси 1158 и 1159.

Бенгальские огни 1149, 1157, 1166-1169 можно сжигать в помещениях. Ослепительно-ярким, жёлтым огнём с белым дымом сгорает магниевый факел 1170.

Наиболее популярные составы зелёного бенгальского огня представлены в таблице 58.

**Таблица 58. Составы бенгальского зелёного огня**

Таблица 58. Продолжение

%	№	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	
Калия хлорат		24	16	24	29						
Бария нитрат		53	62	50	48	18	48	57	35	62	
Бария хлорат						54	30	22	44	17	
Сера		23	22	24	23	28	22	21	19	21	
Уголь древесный				2							
Мастикс									2		
%	№	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198
Калия хлорат				20	26				13		
Калия перхлорат		40								49	
Бария нитрат		40	70	56	56	44		71	.85	24	
Бария хлорат		70			27	44	87				
Сера		30	19						9	8	
Уголь древесный			1								
Лактоза										20	
Канифоль									7	7	
Шеллак				10	18	17	12	13			
Мастикс										7	

Одними из лучших бенгальских составов зелёного пламени уже в течение нескольких столетий являются горючие смеси 1171 и 1172, содержащие помимо нитрата бария каломель для усиления глубины окраски, благодаря чему она становится сочной, густой и чистой. Пламя композиции 1172 окрашено несколько слабее, хотя от этого оно не выглядит хуже, его силу регулируют добавлением нитрата бария.

Прекрасный, совершенный, салатный огонь дают бариевые смеси с сульфидом сурьмы (сост. 1173). Ещё лучшие результаты получаются при введении мышьяка (сост. 1174) или его сульфида, но такие составы при горении выделяют токсичные вещества.

Густой зелёный цвет образуют бенгальские огни 1196 и 1197. Особую насыщенность пламени придаёт хлорат бария, хотя надо учитывать его гигроскопичность. Так, смеси 1185-1188, 1193, 1194 горят густым изумрудным цветом, а чисто хлоратные составы 1189 и 1195 проявляют, пожалуй, наиболее насыщенную плотную окраску.

Бенгальские составы синего и голубого огня включают соли меди (табл. 59). Лучшие результаты дают аммиачные комплексы медных солей: нитрата и хлората, но они долго не хранятся и при-

меняются ограниченно. Пиротехническая смесь 1199 сгорает густым, малахитовым цветом с зелёным отливом по контуру огня.

Состав 1206 горит красиво, но довольно медленно и выделяет много шлака. Чистую, сапфировую окраску даёт горючая композиция 1200, хотя она немного дымит.

Блестящее, сине-голубоватое пламя образует состав 1201. Близкую цветовую гамму проявляют пиротехнические смеси 1202-1204.

**Таблица 59. Составы бенгальского синего, голубого, фиолетового и сиреневого огня**

%	№	Синие						Голубые		
		1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207
Калия нитрат								38	27	60
Калия хлорат	8	56		50	51	54			28	
Калия перхлорат			47					28		
Калия сульфат									12	
Бария хлорат	17									
Меди (II) сульфид						2				
Меди (II) оксид								9		
Тетрамминокупрохлорат	67								18	
Сера			25	20	20	14	25	15	20	
Сурьмы (III) сульфид										20
Малахит					29					
Горная синь		20	28	30		30				
Каломель		4								
Сахароза		20								
Шеллак	8									

%	№	Голубые			Фиолетовые				Сирен	
		1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	
Калия нитрат		39		15						
Калия хлорат	29	37			44	25	48	48		50
Стронция нитрат				60	21	25				
Стронция карбонат							23	23		
Меди (II) сульфид						21				
Меди (II) оксид	10									
Сера	22	26	23	25	14	19	18		29	
Сурьмы (III) сульфид		17								
Уголь древесный			2							
Мел									14	
Малахит		20			5		10		7	
Горная синь								11		
Каломель					5	14				
Шеллак						1				

Красивым, чистым, лазурным огнём сгорает состав 1209. Очень нежное, светло-голубоватое, «сурьмяное» пламя можно получить по прописи 1207. Бенгальские смеси 1205 и 1208 прекрасно горят бирюзовым огнём с нежным, искристым шлейфом.

Очень красивы составы фиолетового пламени, дополнительно включающие нитрат стронция (сост. 1210-1212) либо его карбонат (сост. 1213 и 1214). Причём, смесь 1211 даёт весьма насыщенное, колоритное пламя, а самым густым фиолетовым огнём сгорает композиция 1212, содержащая сульфид меди и каломель.

Подмена в таких составах солей стронция мелом позволяет получить бенгальские смеси сиреневого пламени (сост. 1215).

## 27.2. От восковых до фигурных

**E**щё можно понять, когда «фигурной» называют женщину, но свечку... Оказывается, своему названию этот вид пиротехнических изделий обязан назначению освещать контурные линии фигур на декорациях.

Также **фигурные (контурные) свечи**, или как их называли в старину – «**копья**», служат для составления вензелей, лозунгов и украшения сложных композиций.

Характер их огня всегда один: они представляют неподвижный фейерверк, и даже когда применяются в подвижных композициях, то не образуют движущей силы.

Первые свечки для освещения жилищ появились ещё в Древнем Риме к началу новой эры. Волокна растений пропитывали душистой смолой и даже покрывали воском.

Уже к X в. стали изготавливать восковые и сальные свечи. Конопляный или льняной фитиль многократно окунали в растопленный жир, добиваясь его застыивания. В отличие от тех, которыми пользовались богатые патриции, эти свечи, по свидетельству очевидцев, «горели скверно и пахли отвратительно».

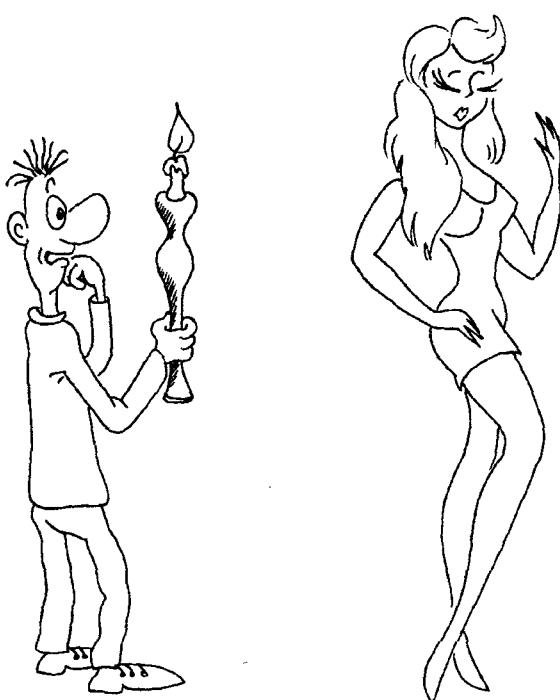
Видимо, поэтому наши предки больше пользовались лучинами – тонкими сухими щепками (слава Богу, в Киевской Руси их было предостаточно). В целях безопасности они укреплялись над корытцем с водой.



Освещаемые фигурными свечами во время фейерверка декоративные картины бывают контурно-свечные и рисованные на холсте, пропитанном огнестойким веществом. Во втором более редком случае ткань с изображением, натянутая на раму, закрывается крышкой, на которой крепится сложная мельница или веер из огненных фонтанов. Крышка держится на стопине в проводной трубке. С обратной стороны холста зажигают яркий факел белого либо цветного огня, который силой света «проявляет» композицию при открытой крышке. Такой декоративно-тематический фейерверк сжигают по сценарной программе, и он создаёт красивейшее зрелище.

Фигурные свечи представляют собой тонкостенные бумажные гильзы второго рода калибром всего 4-15 мм и длиной 8-15 см, наполненные медленногорящим пламенным составом. Катают такие гильзы из чистой писчей бумаги на крахмальном клейстере. Обычно, число оборотов бумаги делают равным калибру, выраженному в миллиметрах и умноженному на 0,4, например, при популярном диаметре в 5 мм гильза должна быть в два оборота.

Сгорают такие гильзы вместе с пиротехническим составом. Поэтому, чтобы не испортить пламя, аккуратно подмазывают клейстером только узкую полоску наружного слоя, но так, чтобы свеча со всех сторон обгорала с одинаковой скоростью.



Гильзы фигурных свечей набиваются обязательно в формах и строго равномерно для их однородного сгорания. При запрессовке придерживайтесь правила: быстрогорящие составы нужно набивать сильнее или можно чуть увеличить длину гильзы и пиротехнического состава.

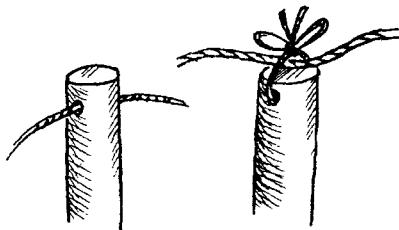
Во избежание возгорания декораций на дно гильзы запрессовывают 2 см сухой просеянной глины, а для облегчения воспламенения торец на 3-5 мм заполняют пороховой подмазкой. Иногда для надёжности воспламенения (особенно в холодное время года) используют металлизированные подмазки типа бриллиантового огня, имеющие более высокую температуру сгорания (к примеру, сост. 1060)..

Готовую свечу протыкают иглой в 5 мм от воспламеняемого торца и протягивают нитку длиной 8-10 см, которую используют в дальнейшем для фиксации воспламенительного шнуря.

Для крепления фигурных свечей в деревянных декорациях выверливают углубления в 5-6 мм соответствующего диаметра, а гильзы фиксируют в них kleem. Идеально подходит для их крепления расплавленный сургуч.

Для большей надёжности «узловые» свечи фиксируют ниткой к вбитым гвоздям. Метод имеет и то преимущество, что сгоревшие свечи падают на землю, не обжигая стенд.

Можно приклеивать свечи торцами к картонным полоскам, которыми в дальнейшем оббивают или оклеивают декорации, в том числе отдельные буквы, из которых набирают слова. Мелкие свечи диаметром 3-5 мм устанавливают на расстоянии 3-4 см друг от друга. Крупные же изделия калибром 6-15 мм, наблюдаемые издали, фиксируют на расстоянии 10-15 см. Стопин подвязывают к свечам заранее продетой ниткой либо подклеивают бумажными полосками, смоченными клейстером. Для фиксации огнепроводного шнуря очень удобно пользоваться клейкой бумажной полосой, применяемой при покраске окон. С целью одновременного воспламенения всей фигуры и повышения скорости горения огневого шнуря на него девают проводные трубки.



Хорошая свеча должна гореть спокойно, не трещать и не разбрасывать искр, а её пламя по возможности должно быть большим и круглым, но не длинным и узким. Состав должен сгорать одновременно с гильзой без нагара и дыма. Окраска пламени должна быть чистой и не смешиваться с другими цветами.

Лучше всего этим требованиям отвечают составы, представленные в таблицах 60-67, но могут также применяться некоторые пиротехнические смеси сигнальных и бенгальских огней либо цветных звёздок.

Самые простые фигурные свечи белого огня можно приготовить из дымного пороха, увеличив в нём содержание селитры и серы (сост. 1216-1218, табл. 60). Средняя скорость горения таких изделий 75-76 мм/мин (например, сост. 1216).

Очень красивые сияющие составы 1219-1227 включают сульфид сурьмы. Они легко воспламеняются и горят светло-голубоватым пламенем со скоростью от 63 мм/мин (сост. 1222) до 76 мм/мин (сост. 1223). Их пламя можно из блестящего сделать матовым, подмешивая уголь или порошковую мякоть (0,5-1%), при большей концентрации оно приобретает кремовый или красноватый цвет.

Дополнительное введение в такие смеси свинцовового суртика (сост. 1228) придаёт огню чистый, яркий, небесный оттенок, хорошо просматривающийся вблизи ( $V = 69$  мм/мин).

**Таблица 60. Составы фигурных свечей белого огня**

%	№	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224
Калия нитрат		76	79	70	72	67	72	71	66	63
Сера		22	19	18	18	17	19	16	17	25
Сурьмы (III) сульфид					9	15	7	13	17	12
Уголь древесный		2	2	12	1	1	1			
Магниевые опилки							1			
%	№	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	
Калия нитрат		70	62	68	56		70	69	65	
Калия хлорат						39				
Свинца нитрат						39				
Свинцовый сурик					4					
Сера		20	23	15	25	19	15	11	13	
Сурьма							15	11	11	
Сурьмы (III) сульфид		10	15	17	15	3				
Реальгар								8	10	
Шеллак								1	1	

Таблица 60. Продолжение

%	№	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241
Калия нитрат		67	63	72	73				41	18
Калия хлорат							44	33		55
Бария нитрат						73	35	41	43	
Бария карбонат										5
Свинцовый сурик			5	6						
Сера	10	13			21					
Сурьма	8	10	12			14		10		
Сурьмы (III) сульфид	4									
Реальгар	10	8	9	6						
Уголь древесный								3	9	
Магниевые опилки						4	4	6		
Лактоза										18
Канифоль	1							7	7	
Шеллак			1	1		9	17			
Ликоподий										4

Великолепное, лилейное, мелкоискристое пламя с нежным голубовато-зеленоватым отливом образует смесь 1229, содержащая нитрат свинца. Она быстро воспламеняется, чувствительна к удару. Описаны случаи её самовозгорания (!) во влажной среде.

Прекрасные контурные свечи белого огня дают составы, включающие сурьму, особенно в сочетании с реальгаром. В их числе близкие по составу пиротехнические композиции 1231-1233, которые сгорают обильным нежно-vasильковым пламенем.

Суриковые смеси 1234 и 1235 горят чистым, белым цветом. Подобный им сигнальный состав 633 иногда применяют для изготовления медленногорящих свечей с очень ярким, зеленовато-луичным огнем ( $V = 39$  мм/мин).

Ослепительно-интенсивным, белым цветом пылают свечи с магнием (сост. 1221 и 1237 - 56 мм/мин; сост. 1238 - 69 мм/мин; сост. 1239,  $V = 76$  мм/мин).

Смеси белого пламени, дополнительно включающие нитрат бария, красиво сгорают с зеленоватым оттенком (сост. 1237-1240). Из них особенно эффектно горит состав 1240 ( $V = 69$  мм/мин).

Для сжигания фигурных свечей в помещении хорошо подходит старинная композиция благородного белого огня 1241.



|| В её современной интерпретации ликоподий чаще заменяют древесной мукой, как в салате Оливье вместо маслин и раков вскоре появились солёные огурцы и «варёнка».

Свечи красного огня в основном включают нитрат стронция (табл. 61). Введение в такие составы антимония делает их пламя исключительно чистым и ярким (сост. 1242-1252). При этом интенсивность окраски может варьировать. Так, свечи на основе смеси 1243 сгорают превосходным, густым, рубиновым огнём со средней скоростью 75 мм/мин; композиции 1249 и 1250 дают пунцовое пламя; а близкие по составу смеси 1251 и 1262 – ярко-красное (1251 горит чуть медленнее). При необходимости их ослабляют нитратом стронция и наоборот.

К этой же группе относится и сигнальная композиция 503, которую также часто применяют для снаряжения фигурных свечей. При обычной запрессовке она сгорает со скоростью 66 мм/мин. Уменьшение хлората калия в её составе с 30% до 25% приводит к сгущению окраски до багровой.

Идентичные составы 1253-1256 широко применяются для изготовления, как фигурных свечей, так и бенгальских огней (сост. 1253 сгорает со скоростью 54 мм/мин).

**Таблица 61. Составы фигурных свечей красного огня**

%	№	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250
Калия хлорат		26	14	12	25	19	28	28	24	26
Стронция нитрат		52	57	61	49	56	45	46	44	45
Сера		15	19	18	16	17	17	17	23	21
Сурьмы (III) сульфид		5	7	5	10	6	5	6	5	6
Уголь древесный			3	4			2			
Сажа		2				2				
Канифоль									4	
Шеллак								3		
Мастикс							3			2

%	№	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259
Калия нитрат						1				
Калия хлорат				22	14	20	60	28	61	48
Калия перхлорат		24	25							
Стронция нитрат		42	44	54	65	55	21	51		
Стронция карбонат									23	37
Сера		24	23	22	18	23	19	19	16	15
Сурьмы (III) сульфид		7	6							
Уголь древесный				2	3	1				
Малахит								2		
Канифоль		3								
Мастикс			2							

Таблица 61. Продолжение

%	№	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268
Калия нитрат							79			
Калия хлорат	64		51	73				30	24	30
Калия перхлорат		56				69				
Стронция нитрат		19						26	37	29
Стронция оксалат	12		36	12	12					
Меди (II) сульфид							4	5	2	
Сера	6	25	13	6	7	1	1			
Сажа							1			
Каломель	9							25	22	29
Шеллак								13	12	10
Стеарин	9			9	12					
Ликоподий							20			
%	№	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277
Калия нитрат						8			6	
Калия хлорат	34	31	32	34	34	21	36	25	37	
Стронция нитрат	26	21	31	26		47	30			52
Стронция оксалат					8				6	
Меди (II) сульфид	3	11	2			6				
Медные опилки				3						
Каломель	26	28	20	26	33	16	26	50		
Шеллак	8	9	7	8			8			
Лактоза				3	17				13	4
Декстрин	3		8							
Стеарин						5				
Ликоподий						5				7
%	№	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286
Калия хлорат	36	44	29	36	17	47	50	22	40	
Стронция нитрат	53	44	59	55	67	44	45	67	20	
Шеллак		12			16	9	5	11	40	
Лактоза	2		2							
Ликоподий	9		10	9						
%	№	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	
Калия хлорат	51	34	66	65	36	62	25		47	
Стронция нитрат	27	46			36			56	30	
Стронция оксалат				17						
Стронция ацетат			21							
Стронция карбонат							25			
Уголь древесный		13						9		
Магниевые опилки					14			3	3	
Канифоль		7						7		
Шеллак	22		13	18	14	13			20	

Примесь карбонатов меди придаёт таким смесям густо-красную (кумачовую) окраску (сост. 1257).

Некоторые составы с карбонатом стронция сгорают насыщенным пурпурным цветом (сост. 1258 и 1259). Хорошее действие производит пиротехническая смесь 1263, содержащая оксалат стронция и стеарин. Она горит долго, но её цвет недостаточно плотный. Для ослабления этого состава уменьшают содержание хлората калия либо вводят каломель.

Последняя придаёт красному пламени особую насыщенность. Так, состав 1260 сгорает очень чистым, густым, кроваво-красным цветом; смеси 1266, 1267, 1272 и 1275 – пунцовыми; композиции 1269, 1273 и 1276 – карминным, но не ярким; смеси 1268 и 1271 – густым пурпурным; а состав 1270 – лилово-красным огнём.

Блестящим алым цветом горит перхлоратная смесь 1261. Большое, необыкновенно-яркое, спокойное, красное пламя со слегка оранжевым оттенком образуют композиции 1278 и 1281. Близкие составы 1277 и 1280 сгорают чуть медленнее, причём, последний имеет более плотную, киноварную окраску.

Ярко-красный огонь со светло-оранжевым отливом даёт смесь 1282.

Применяемые для сжигания в помещениях шеллаковые составы 1283 и 1285 имеют насыщенную окраску, соответственно пурпурную и очень красивую рубиновую. Скорость горения таких составов весьма различна (сост. 1287 – 35 мм/мин; сост. 1294 – 48 мм/мин; сост. 1290 – 54 мм/мин). Композиции на основе канифоли сгорают ещё медленнее (сост. 1293 – 76 мм/мин; сост. 1288 – 95 мм/мин). Магниевые смеси 1293 и 1294 горят исключительно ярко, а состав 1291 даже применяется в качестве факела красного огня.

При отсутствии стронциевых солей и хлората калия воспользуйтесь нехитрым рецептом 1265. Этот недорогой и весьма доступный состав по красоте, конечно, не сравнится с предыдущими, но в композициях рядом с зелёным смотрится вполне прилично. Он несколько слабоват, поэтому лучше подходит для больших калибров.

Наиболее простые и распространённые свечи розового огня (табл. 62) представляют пиротехнические композиции солей стронция или кальция с бертолетовой солью, серой, углеводородами либо

смолами. Скорость их горения может значительно колебаться от 54 мм/мин (сост. 1303) до 102 мм/мин (сост. 1308).

**Таблица 62. Составы фигурных свечей розового огня**

% №	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304
Калия нитрат		46							24	22
Калия хлорат	62		56	55	32	36	37	50	41	58
Стронция нитрат		23	23	24	31	17	19			
Стронция оксалат								5	14	15
Стронция карбонат	25									
Меди (II) сульфид					2	8	4			
Свинца нитрат		2								
Висмута нитрат			1							
Сера		29	20	21					23	21
Каломель					20	29	31			
Шеллак	13				7	10	9			
Декстрин					8			17		
Ликоподий								4		

% №	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315
Калия нитрат	20	17	25		13	21	56	5		79	64
Калия хлорат	53	57	60	66	40	51		36	44		
Стронция оксалат	4	5	5								
Стронция карбонат				10	14	8					
Висмута нитрат					1						
Сера				21	28		14	31	28	19	18
Киноварь										15	
Уголь древесный					4			1		2	3
Мел								27	28		
Мрамор						30					
Лактоза	18	17									
Мастикс				3		5					
Крахмал			5			15					
Ликоподий	5	4	5								

Очень красивый, нежный, светло-розовый, мелкоискристый огонь даёт смесь 1296, усиленная нитратом свинца. Чудесное светло-розовое, глянцевое пламя образуют составы 1297 и 1309, активизированные нитратом висмута.

Ярко-розовым сиянием сгорает свечная композиция 1305, которая превосходно выглядит на расстоянии. Для её ослабления добавляют селитру и наоборот.

Состав 1310 горит красивым, сочным, розовым огнём. Окраска пламени смеси 1306 блестящая, красно-розовая. Великолепный,

густой, насыщенный, тёмно-розовый огонь дают свечи, содержащие каломель, особенно усиленные сульфидом меди (сост. 1299-1301).

Композиции, включающие соли кальция, образуют розовое пламя с рыжевато-коричневым оттенком (сост. 1311-1313).

Вполне терпимым розовым огнём сгорают некоторые пороховые смеси даже без спектральных добавок, например, состав 1314. Их цвет можно облагородить киноварью (сост. 1315), но такие свечи выделяют при горении токсичные вещества.

Составы фигурных свечей оранжевого огня представлены в таблице 63.

**Таблица 63. Составы фигурных свечей оранжевого огня**

%	№	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328
Калия хлорат	41	50			53	36	17	14	66	55		61	16	
Калия перхлорат			47	39							51			
Натрия оксалат		3	3		1	1	11	6	3					16
Натрия ацетат											3	15		
Бария нитрат									14					
Стронция нитрат	31			30	35	53	55	50						52
Стронция ацетат										15				
Стронция оксалат		28	26											
Известь негашен.												8		
Сера	24	19	24	28							21	26	16	
Мел											21	20		
Криолит				3					3					
Сода	4										3			
Лактоза					2	1								
Шеллак							17	16	13					16
Ликоподий					9	9								

Часто применяемая композиция 1316 сгорает со средней скоростью 63 мм/мин. Она плохо сохраняется и готовится из обезвоженных компонентов. Скорость горения прессованной смеси 1317 составляет 76 мм/мин, а композиции 1325 – около 90 мм/мин.

Блистающее, оранжевое пламя образуют перхлоратные свечные составы 1318, 1319 и 1326. Очень красиво выглядят ликоподиевые свечи (сост. 1320 и 1321), применявшиеся в старину в театральных илиюминациях. Благодаря удачному сочетанию солей стронция, натрия и бария наиболее превосходно выглядят свечи густого оранжевого огня на основе состава 1323.

Основным окрашивающим компонентом в составах фигурных свечей жёлтого огня (табл. 64) является оксалат натрия (сост. 1337-

1339, 1350-1363). Широко применяется его обезвоженный карбонат (сост. 1329-1336) и нитрат (сост. 1340-1347), но такие композиции плохо хранятся. Реже используются криолит (сост. 1348, 1349) и бура (сост. 1364).

Красивый, блестящий, яркий и необыкновенно чистый огонь канареочного цвета дают свечи, дополнительно включающие анти- моний (сост. 1342, 1343 и 1348).

*Таблица 64. Составы фигурных свечей жёлтого огня*

%	№	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337
Калия нитрат		65		70	61	64		70		
Калия хлорат			61				60		56	31
Натрия оксалат										35
Бария нитрат										19
Сера		24	16	18	17	18	30	19	17	15
Сурьмы (III) сульфид						2				
Уголь древесный		1		3	2					
Сажа						1				
Малахит								2		
Сода кальциниров.		10	23	9	20	15	10	9	27	

%	№	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346
Калия хлорат		32	25						51	
Натрия нитрат				45	30	64	71	74	26	76
Натрия оксалат		37	21							
Бария нитрат		12	42	31	54					
Сера		17				17	17			
Сурьмы (III) сульфид		2				17	7			
Уголь древесный				9	9	2	5			9
Магниевые опилки				8				8		8
Канифоль				7	7					7
Шеллак			12					18	23	

Таблица 64. Продолжение

% \ №	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364
Калия нитрат			35	65	30				73
Калия хлорат	52	65	31		30	57	68	72	
Натрия оксалат	33	23	15	14	25	29	14	5	
Сера	15		19	20				23	17
Уголь древесный									2
Сажа				1					
Бура									8
Шеллак		12			15	14	18		

Очень яркое, благородное, жёлто-канареечное пламя образует состав 1355, ослабить который можно дополнительным введением селитры и наоборот.

Вполне прилично, хоть и не очень ярко, выглядят несложные свечи янтарно-жёлтого огня, выполненные по рецепту 1359. Особенно чисто они смотрятся вблизи белого пламени. Для усиления этого состава прибавляют до 1% сажи и антимония.

Включение в подобные смеси каломели, особенно в сочетании с хлоратом или перхлоратом калия (сост. 1350 и 1351) придаёт фигурным свечам благородную насыщенность, сохраняя яркий блеск.

Великолепное, лимонно-жёлтое, блестящее пламя даёт состав 1339 с нитратом бария. Снижение концентрации последнего и повышение содержания оксалата натрия делает окраску огня более плотной (сост. 1337).

Ещё насыщеннее становится жёлтое пламя при введении в пиротехническую композицию карбоната меди (сост. 1335).

Густоокрашенный, не очень яркий, золотой огонь образует свечная смесь 1347, которая также применяется для сжигания в помещениях. Ослепительно ярко сгорают магниевые свечи (сост. 1340 – 76 мм/мин; сост. 1344 – 66 мм/мин; сост. 1346 – 61 мм/мин).

Средняя скорость горения свечей жёлтого огня лежит в пределах 59-102 мм/мин (сост. 1331 и 1353 – 76 мм/мин; сост. 1341 – 59 мм/мин; сост. 1345 – 73 мм/мин; сост. 1362 – 102 мм/мин). Описанный ранее сигнальный состав жёлтого огня 557 также применяется для изготовления фигурных свечей и сгорает со скоростью 63 мм/мин.

Арсенал фигурных свечей зелёного огня очень разнообразен (табл. 65). Кроме того, для их изготовления иногда используют сиг-

нальные составы (так например, сост. 569 – 44 мм/мин, сост. 585 – 46 мм/мин).

Чаще всего такие композиции содержат соли бария и горят со скоростью 45-76 мм/мин (сост. 1370 – 54 мм/мин; сост. 1379 и 1385 – 45 мм/мин; сост. 1387 – 51 мм/мин; сост. 1390 – 73 мм/мин; сост. 1391 – 76 мм/мин).

**Таблица 65. Составы фигурных свечей зелёного огня**

%	№	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385
Калия хлорат		44	42	43	39	30			24	34	23
Калия перхлорат							31	23			
Бария нитрат		44	41	43	42	48	42	51	53	47	61
Сера						19	25	26	23	18	
Уголь древесный											9
Сажа						2					1
Каломель							2				
Канифоль											7
Шеллак		12	17	14	19						
Стеарин						1					

%	№	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395
Калия хлорат		7									37
Бария нитрат		78	27	50	43	28	44		86		37
Бария хлорат			52	33	29	53	40	46		85	
Сера		12	18	17	28						24
Реальгар		1									
Уголь древесный							9				
Сажа		2									
Каломель											2
Лактоза									3	4	
Канифоль							7				
Шеллак					19			54			
Мастикс		3									
Стеарин									11	11	

Таблица 65. Продолжение

%	№	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405
Калия нитрат								26			
Калия хлорат	33			22				36	60	60	73
Бария нитрат	43		64	39	32	84					
Бария хлорат		62			48						
Бария ацетат								24			
Бария карбонат										24	
Меди (II) сульфид				1				18			
Сера	22	3							16	16	17
Уголь древесный							7				
Магниевые опилки					3	3					
Борная кислота											10
Каломель	2	24	25	28							
Лактоза							18				
Канифоль							6				
Шеллак		11	11	10	17						
Ликоподий							2				

Зелёное, как доллар, пламя горючей композиции 1396 несильно маловато и цвет не очень густой, но его можно насытить и сделать темнее, прибавляя каломель. От введения нитрата бария окраска огня этого состава густеет, но сам он ослабевает. Включение в эту смесь до 1% шеллака увеличивает объём пламени. Обычно, данный состав применяют в гильзах крупных калибров, так как в малых его зелёный огонь приобретает желтоватый оттенок.

Чистый, интенсивный, не густой, зелёный цвет дают пиротехнические смеси 1365, 1367-1369, 1395.

Более насыщенное, красивое, зелёное пламя образуют составы 1384 и 1386. При добавлении каломели их окраска темнеет до изумрудной (сост. 1397-1399).

Очень густой, зелёный, неяркий огонь дают при сгорании свечи, содержащие составы 1376, 1378 и 1394.

Напротив, ослепительно ярким, салатным цветом горят магниевые свечи (сост. 1409 – 69 мм/мин; сост. 1401 – 64 мм/мин).

При отсутствии солей бария отличные свечи зелёного огня можно приготовить по старинному рецепту (сост. 1402) на основе сульфида меди. Их неяркий, светло-зелёный с голубинкой цвет при

добавлении стеарина становится ёщё чище и светлее, а увеличение содержания серы на 1-2% делает пламя гуще, усиливая синеву.

Нехитрые изумрудно-зелёные свечи просто изготовить на основе борной кислоты (сост. 1405), а ещё лучше борного ангидрида, для чего кислоту нужно прокалить до окончания вскипания.

Фигурные свечи небесно-голубых тонов (табл. 66) можно приготовить из цинковых опилок. Так, свечной состав 1406 даёт красивое, нежно-васильковое, слегка выцветшее пламя с жёлтыми искрами; а смесь 1407 образует более насыщенный огонь с голубовато-зеленоватым лучом.

Значительно чаще для получения голубой и синей окраски применяют соли меди, проявляющие более интенсивные тона.

**Таблица 66. Составы фигурных свечей синего и голубого огня**

Таблица 66. Продолжение

%	№	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433
Калия нитрат				27	10						8
Калия хлорат	51	57	28	38			60	57	41	39	34
Меди (II) ацетат основной						8	12				
Тетрамминокупрохлорат					82				31	29	
Тетрамминокупросульфат	19	29	15					19			
Олова сульфид	8										
Сера	13	14	15				16		5	5	
Сулема					23						
Квасцы алюмо-калиевые	9		15				12				
Уголь древесный						2					
Горная синь					10						8
Каломель								5	20	20	33
Сахароза								19			
Лактоза					19						17
Шеллак						-	8		3	2	
Стеарин											5

Очень красивое, кристально-чистое, ярко-голубое пламя дают составы 1408 и 1409.

Превосходно выглядят свечи, содержащие пиротехническую композицию 1412, сгорающие чистым, блестящим, лазурным огнём со слегка зеленоватым отливом.

Несложные пиротехнические смеси типа 1421 образуют яркое, глянцевое, бирюзовое пламя и хорошо смотрятся на расстоянии.

Введение в состав «хлоркаль-сера» обезвоженных алюмо-калиевых квасцов придаёт огню очень нежный, небесно-голубой оттенок (сост. 1423); а в присутствии ацетата меди эта смесь горит васильковым цветом (сост. 1429).

Каломель и сулема усиливают голубую окраску подобных свечных составов. Так, пиротехнические смеси 1418 и 1430 дают весьма яркое, светло-голубое, насыщенное пламя. Составы 1427 и 1433 образуют красочный, густой, неяркий, тёмно-голубой шлейф огня. Пламя состава 1431 имеет колоритную тёмно-синьюю (индиговую) окраску. Интенсивным ультрамариновым огнём сгорают фигуры, содержащие смесь 1428.

Следует учитывать, что свечи синего огня обычно горят медленно (сост. 1420 – 73 мм/мин, сигнально-свечные сост. 602 и 605 – 85 мм/мин и 127 мм/мин соответственно).

Большинство голубых свечных составов особой яркостью не отличаются, и исправить этого нельзя, не ослабив интенсивность их окраски. Так, убавляя каломель или суреву, смеси становятся сильнее и ярче, но цвет их бледнеет.

Вместо молочного сахара можно применять крахмал, правда, составы при этом делаются несколько слабее, зато пламя приобретает характерный матовый оттенок.

Фигурные свечи фиолетового пламени (табл. 67) также имеют невысокую скорость горения от 73 мм/мин (сост. 1436) до 95 мм/мин (сост. 1437).

**Таблица 67. Составы фигурных свечей фиолетового огня**

%	№	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442
Калия нитрат						8				
Калия хлорат	60	51	50	45	34	50	38	35	50	
Стронция нитрат	10			20						
Стронция оксалат			21		4	8				
Стронция карбонат		20								15
Стронция сульфат									35	
Меди (II) сульфид								18	11	
Сера	20	20	20	25		17	18	5	23	
Медные опилки						17				
Мел							15			
Малахит		9								
Горная синь	10		9	5	4					6
Каломель				5	33	8	11	14	6	
Лактоза					17					

%	№	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451
Калия нитрат	9						6	15		
Калия хлорат	35	25	38	60	54	20	39	25		
Калия перхлорат										25
Калия ацетат				12	16					
Стронция нитрат		25				23		24	24	
Стронция оксалат	4									
Меди (II) сульфид		20	17			20		20	20	
Сера	15	18	16	14	15	15	17	17		
Квасцы алюмо-калиевые				12	16		20			
Уголь древесный								1		
Мел			15				10			
Малахит	6									
Каломель	30	15	12			15		10	13	
Лактоза	16									
Шеллак						1		4	1	

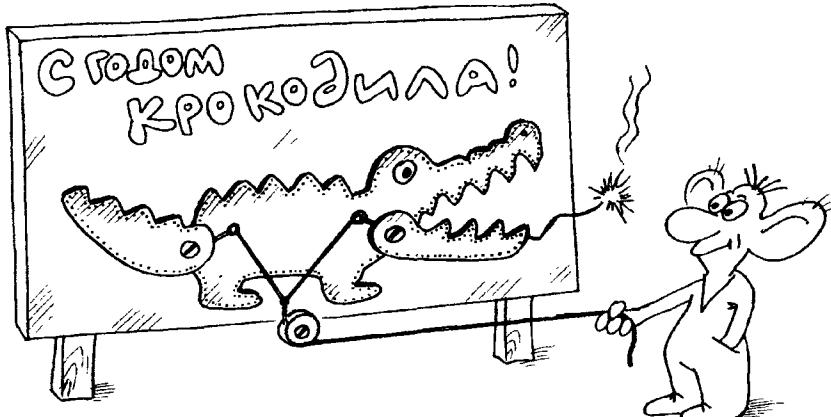
Очень живописно сгорает смесь 1437. Основание её пламени фиолетово-красное, а вершина и бока бирюзовые. Причём, при уменьшении в этом составе концентрации горной сини пламя краснеет. Силу состава регулируют нитратом стронция.

Цвет огня свечной смеси 1438 напоминает предыдущий, но его фиолетовое пламя меньше и темнее. Для усиления этого состава снижают концентрацию каломели, но пламя при этом бледнеет. Уменьшение содержания в нём сини делает огонь более красным.

Превосходно смотрятся фиолетовые свечи составов 1445 и 1448, но на большом расстоянии они теряют часть оттенков и выглядят беднее.

 В целом существует правило: для удалённой демонстрации применяют свечи с ярко-горящими составами, вблизи же очень хороши смеси средней светосилы. Составы, содержащие серу, магний, хлораты или перхлораты, сгорают ярче остальных.

Осталось дело за малым: соорудить фанерный щит, выкрасить его чёрной негорючей краской, нарисовать мелом нужное изображение, по его периметру (особенно по углам) вбить гвозди и зафиксировать к ним свечи. Остальные свечи можно укрепить на клею



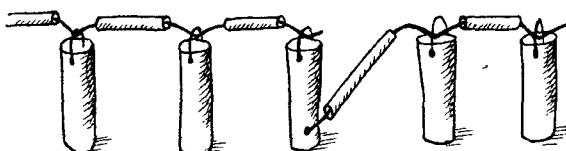
или использовать для этого сургуч. Не забудьте соединить их стопином в проводных трубках, раздать приглашение гостям и дождаться вечера. Фигурные свечи можно красиво комбинировать с серным фитилем, учитывая, что он сгорает медленнее.

Если отдельные детали Вашей конструкции сделать накладными и подвязать к ним шнурок, то декорации можно придать оживший вид. А если свечи послойно набить сменными составами, то любое грозное животное можно заставить «полинять» даже во время представления.



Между прочим, изображённого крокодила несложно трансформировать в Троянского коня, «удлинив» ему ноги. Такой приём называется «переменой декорации». Только не увлекайтесь, чтобы не распугать зрителей.

Дополнительные фигурные свечи выставляют по контуру второго и последующих рисунков, а для их воспламенения огневой привод фиксируют к основанию свечи первого изображения. При-



вод самовоспламеняется по мере выгорания свечи и зажигает новую композицию по мере выгорания предыдущей.

Затруднения могут возникнуть, если гильзы одного рисунка выгорают не одновременно, для этого в основание свечей иногда закладывают зернистый порох для шлага. Выстрелы одновременно погасят первое изображение.

Чтобы новый рисунок не воспламенился от случайной искры раньше времени, стопин нужно закладывать в негорючие проводные гильзы, а места его крепления к свечам тщательно подклеивать защитными бумажными полосками. С этой же целью демонстрационный щит лучше слегка наклонить вперёд.

Для одновременного воспламенения больших композиций рисунки разделяют на фрагменты и используют одновременно несколько огнепроводных шнурков.

### *27.3. Жизнь не фонтан, но бьёт также*

**О**казывается, «фонтанами» называют не только привычные фигуры раздосадованного Самсона с пострадавшим львом или бесстыжего мальчика, формирующего струю на русалочку с видом

на Пизанскую башню, падающую на Эйфелеву. Такое достойное название получили эффектные элементы фейерверков, выбрасывающие поток блестящих огненных искр.



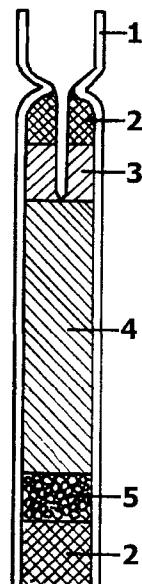
В далёкую старину их ещё называли «брандерами», а сегодня без них не обходится ни один наземный фейерверк и тем более выступления эстрадных певцов, особенно в предвыборную кампанию.

Пиротехнические фонтаны представляют собой неподвижные толстостенные картонные гильзы с узким жерлом, заполненные быстрогорящими, динамическими составами. Обычно, их внутренний диаметр составляет от 10 до 50 мм при длине, не превышающей 16 калибров, а для крупных изделий – 10-12 калибров. Большие фонтаны дают более длинную и пышную огненную ленту, поэтому в старинных источниках можно встретить описание даже 6-8 пудовых фонтанов, гильзы которых для надёжности обматывали снаружи толстой бечевой.

Чаще всего для неподвижных фонтанов, применяемых в сложных композициях (например, водопадов, каскадов или деревьев), используются гильзы калибром 17-20 мм и длиной 20-25 см, с диаметром «шейки» 4-5 мм (1/4 калибра).

Для набивки фонтанов обязательно воспользуйтесь унтерзатцем или, в крайнем случае, укороченным затяжным стержнем длиной в 1,5 калибра и диаметром основания в 1/4 калибра для формирования в пиротехническом составе полого канала. Плотно наложенную гильзу (1) вначале запрессовывают набойником с полым каналом просеянной глиной (2) на высоту 0,5 калибра. Это делается во избежание прогорания жерла.

Для исключения разрыва шейки гильзы в начале воспламенения, особенно при использовании сильных составов, поверх глины на 1 калибр лучше набить медленногорящую смесь (3) типа мелкоискристых составов простого огня (табл. 68). Ещё лучше использовать насыпку из пороховой мякоти с измельчённым древесным углем 3:1 (сост. 1452), который к тому же облегчает зажигание.



Запрессовывать фонтанные гильзы пиротехническими смесями удобнее в специальных формах. Чтобы основной состав (4), содержащий крупинки угля или металлические опилки, не расслаивался, важно засыпать и забивать смесь малыми порциями: не более 1 калибра запрессованной смеси. А чтобы фонтан заканчивался выстрелом, поверх рабочего состава можно всыпать 1 калибр зернёного дымного пороха (5). В конце вставляют бумажную пробку на kleю толщиной в 1 калибр или забивают глину (2) и обклеивают бумажным кружком. Гильзы малого диаметра иногда наглоухо перетягивают бечевой.

Готовое изделие осторожно снимают со стержня, чтобы не растянуть глину и вставляют в канал шейки сложенный стопин доупора, а затем фиксируют его подмазкой или просто ниткой.

Составы для фонтанов бывают искристые и пламенные (табл. 68-72).

**Таблица 68. Составы фонтанов простого искристого огня**

%	№	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461
Калия нитрат		56	50	57	66	63	61	63	67	55	22
Сера		9	9	7	5	10	12	12	25	14	22
Уголь древ. мелкий		35	41	36	29	27	27	25	8		56
Уголь древ. крупный										31	

%	№	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472
Калия нитрат		62	63	57	60	83	49	64	55	40	55	63
Сера		17	18	14	15	9	27	30	9	7	9	12
Сурьма							6	2				
Уголь древ. мелкий		21		29		8	18	4	9	33	9	6
Уголь древ. крупный					25				27	20		
Древесные опилки			19								27	19
Фарфор												

Простые мелкоискристые смеси, дающие при горении розовый шлейф, готовят, разбивая пороховую мякоть древесным углем (сост. 1452-1458). С этой же целью можно использовать искристые угольные смеси для звёздок (например, сост. 1058).

Состав 1452 и более сильная смесь 1457 обладают заметным реактивным действием и даже иногда применяются для малоподвижных фонтанов. Подобная пиротехническая композиция (сост. 1464) используется в фонтанных гильзах для «гранатной игры».

Напротив, пороховые составы с повышенным содержанием серы используются в фонтанах с голубоватой пламенной лентой (сост. 1459). Ещё ярче, чище и медленнее сгорают аналогичные фонтанные смеси, включающие измельчённую сурьму (сост. 1467 и 1468).

В зависимости от содержания калийной селитры в пороховых смесях «неподвижные» составы на их основе могут сгорать как с мелкоискристой, красной огненной струёй (сост. 1461, 22%), так и с белой (сост. 1466, 83%).

Включение в такие композиции антимония (сост. 867 для звёздок) позволяет формировать очень яркие, красивые, неподвижные фонтаны.

Заменой калийной селитры на натриевую можно приготовить фонтаны с оранжевым лучом, к примеру, используя искристый состав 1059 для золотого дождя.

Более красочно выглядят искрообильные фонтаны, содержащие крупинки (1-3 мм) древесного угля (сост. 1460, 1465, 1469 и 1470). В зависимости от природы угля и степени его дробления пламя этих составов отличается. Так, уголь из мягкой древесины даёт блестящие, быстrozатухающие искорки; тогда как из твёрдых пород производит долгогорящие, но более тёмные искры.

 Имейте в виду. Чем крупнее частички древесного угля, тем сильнее пиротехнический состав и длиннее луч его пламени, который часто приобретает оранжевый оттенок. Напротив, чем тоньше помол угля, тем больше искр даёт горящая смесь, а огненный шлейф фонтана становится шире, но короче.

Замена в таких составах древесного угля мелкой каменноугольной крошкой позволяет приготовить фонтаны с тёмно-красным, искристым лучом, но дымят такие смеси больше обычных.

Очень красивый, крупноискристый, слабый состав с длинным шлейфом (сост. 1460) широко используется для неподвижных фонтанов, римских свечей и для снаряжения центральной гильзы «пчелиного роя» по Вебскому. При снижении содержания угля до 25% эта пиротехническая смесь делается сильнее (сост. 1465) и может употребляться для медленно движущихся фонтанов, а вот дальнейшее уменьшение концентрации угля переведёт состав в пламенный.

При введении в подобные композиции мелкого древесного угля составы 1469 и 1470 становятся слабее, а луч от таких фонтанов темнеет, так как часть угля не успевает раскаляться.

Вместо зернистого древесного угля можно использовать древесные опилки (среднесильный сост. 1463). Если их предварительно выварить в нитратах и тщательно высушить, то они дают богатые яркие искры разных цветов.

Смешивая пороховую мякоть с фарфоровой пылью (8:3), можно приготовить великолепный, медленногорячий состав 1471, который даёт нежный, мелкоискристый, не густой огонь с очень длинным шлейфом, больше похожим на сияние. Он применяется для неподвижных фонтанов, а также красиво смотрится в сочетании с врачающими его форсами. Этот состав можно усилить, приспособив для слабого самостоятельного движения, дополнительным введением селитры и серы (сост. 1472), но луч его становится беднее искрами.

Для приготовления подобных пиротехнических смесей не обязательно сразу крашить старинный китайский фарфор, до него дело ещё дойдёт. А пока с успехом можно использовать тонкоизмельчённое стекло, фаянс, слюду и даже просеянную глину.

Совершенно особое действие производят фонтаны с нитратом свинца (например, сост. 1061 и 1068 для звёздок). Их луч короткий, тихий и очень насыщенный нежными светлыми искрами, чем-то похожими на огненный дождь. Такие смеси сгорают без запаха, необыкновенно слабы и употребляются только для неподвижных фонтанов. Для надёжного сжигания их необходимо очень тщательно измельчать.

 Достаточно один раз увидеть в действии подобный «свинцовый» фонтан, чтобы всю оставшуюся жизнь с трепетом относиться к каждому найденному отработавшему аккумулятору.

Исключительно красиво выглядят фонтаны бриллиантового огня (табл. 69).

Составы для них готовят, смешивая металлические опилки с пороховой мякотью, селитро-серой или сильной селитро-угольной смесью. Прежде всего, применяют железо, либо его углеродистые сплавы: чугун и сталь, которые образуют при горении длинные,

блестящие, лучистые искры. Марганцевый порошок даёт менее обильные красные искры.

Таблица 69. Составы фонтанов бриллиантового огня

%	№	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481
Калия нитрат		48	56	52	45	47	49	70	42	38
Сера		4	20	16	7	11	8	15	7	6
Уголь древ. мелкий		24	4	11	8	21	8	5	7	6
Железные опилки		24	20	21	40	21	35	10	44	50

%	№	1482	1483	1484	1485	1486	1487	1488	1489	1490
Калия нитрат		17	70	54	8	58	65	61	75	62
Калия хлорат					33					
Сера		11	4	15	6	12	8	13		
Уголь древ. мелкий			6		14	13	11	8	17	15
Уголь древ. крупный				19						
Сажа					6					
Железные опилки		72	20	12	33	18	16	18	8	23

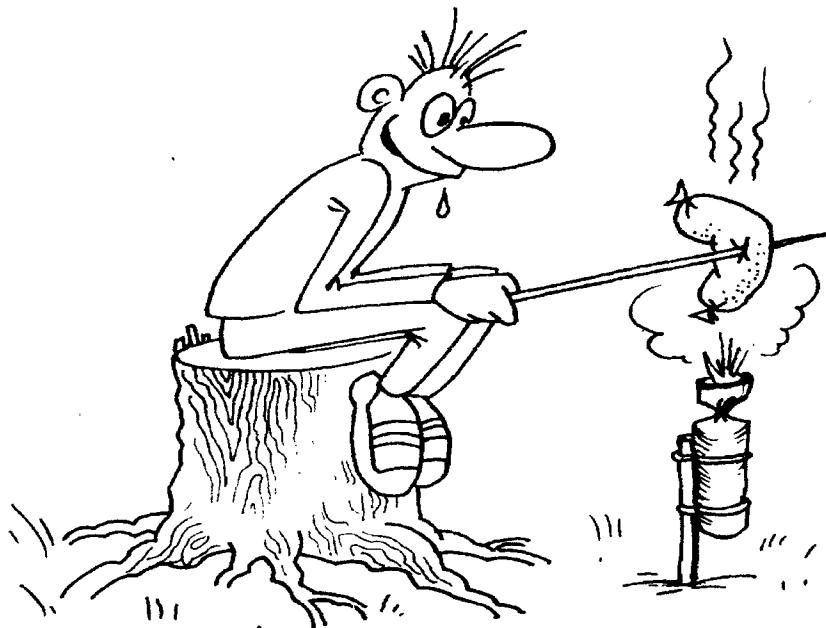
Обычно, на 100 весовых частей мякоти добавляют железных опилок в количестве  $2K$ , где  $K$  – калибр выраженный в миллиметрах. В старинных руководствах действовала рекомендация: для изготовления 1-фунтовых фонтанов 100 весовых частей селитро-угля (сост. 805, табл. 41) смешивали с 30-36 частями чугунных опилок.

**Таблица 70. Составы фонтанов бриллиантового огня, адаптированные к калибру**

Фонтанные смеси с невысоким содержанием железа 8-12% получили название «полубриллиантовых» (сост. 1479, 1484 и 1489). Для лучшего эффекта в эти композиции дополнительно вводится крупный древесный уголь, в результате чего в огненном шлейфе появляются искры разной окраски (сост. 1484). Иногда подобные составы называют «с двойным лучом». Полубриллиантовая смесь 1479 широко применяется для фонтанов средней силы и даёт прекрасное, светлое, искристое пламя.

Для приготовления неподвижных бриллиантовых фонтанов хорошо подходят искристые составы звёздок золотого дождя (сост. 1063-1065).

Исключительно красиво, особенно в больших калибрах, смотрится медленногорящий фонтан со звёздным составом 1066, содержащим нитрат свинца. Его нежно-сияющий шлейф богат яркими, голубоватыми искрами.



Пиротехническая смесь 1482 применяется для неподвижных фонтанов с тёмным, густо-искристым, бриллиантовым лучом. Фонтанные смеси 1476, 1480 и 1481 развиваются при горении реактивную

тягу средней силы и могут использоваться для малоподвижных фигур, выбрасывая длинный сноп искр. Бриллиантовые составы 1486-1488 относятся к медленногорящим и употребляются для фиксированных фонтанов калибров 15, 25 и 30 мм соответственно.

Для сжигания в помещении применяются бессерные бриллиантовые фонтанные смеси (сост. 1489 для калибра 20 мм и сост. 1490 для калибра 30 мм). Следует иметь в виду, что температура их воспламенения выше, чем у обычных составов.

Очаровательно смотрится весьма энергичный старинный французский хлоратный состав 1485. Он горит ослепительно ярко, но в то же время ровно и спокойно. Железные опилки для него должны быть достаточно мелкими, чтобы успевать раскаляться. К несчастью, применение этого фонтанного состава ограничено его повышенной взрывоопасностью при ударе.

Чтобы металлические опилки при набивании не осаждались, бриллиантовые составы смачивают несколькими каплями скипидара, не увлекаясь, чтобы не ослабить их силу. Спирт для этой процедуры использовать нежелательно, так как в его присутствии металл ржавеет быстрее.

К сожалению, бриллиантовые составы без ущерба качеству обычно хранятся не более недели из-за окисления железа нитратами. После этого фонтаны на их основе приобретают малопривлекательный, тёмный, искристый шлейф. Избежать разложения таких смесей можно, применяя парафинированные либо воронёные железные опилки. Кстати, очень тщательная сушка входящих компонентов прокаливанием делает такие фонтаны вполне пригодными до нескольких месяцев.

Избежать расслаивания бриллиантовых составов при формировании фонтанов и продлить срок их гарантированного применения, по крайней мере, до трёх недель, поможет надёжный нехитрый способ смачивания железных опилок скипидаром с последующей обработкой горючим составом в бутылке, описанный выше.

Замечено, что обычные железные опилки коррозируют в подобных составах быстрее чугунных, а стальные сохраняются ещё дольше, да и горят они поярче, хотя это во многом зависит от размера сжигаемых частиц.

Так, крупные металлические опилки дают более яркие искры, однако, силы огня иногда не хватает, чтобы их раскалить, поэтому опилки размером свыше 1,5 мм обычно применяют лишь для фонтанов калибром более 20 мм.

Вы обратили внимание, что бриллиантовые составы практически не содержат бертолетову соль (в лучшем случае её комбинируют с селитрой), так как чисто хлоратные смеси дают меньшую температуру сгорания, и опилки углеродистого железа не успевают достаточно раскалиться. Правда, бертолетовы смеси с железом в отличие от селитровых лучше сохраняются.

Из таблицы 70 видно, что для фонтанов более мелких калибров применяют усиленные составы.

В технологии цветных фонтанов широко используются составы двойного и пламенного огня (табл. 71, 72). Так как подобные композиции дают много нагара, то обычно их используют только для фонтанов калибром более 16-17 мм и выходным отверстием 1/3-1/2 внутреннего диаметра.

Состав 1501 производит яркое, красно-розовое пламя средней силы и может применяться для малоподвижных фигур. Фонтанная смесь 1502 сгорает красным огнём с оранжевым оттенком.

Пороховой состав 1504 (селитра-сера-сажа 4:1:1) можно приспособить для красивых фонтанов средней силы. Для этого его зернят с камедью или крахмальным клейстером через крупное сито с ячейками в 2-3 мм. В фонтанах он сгорает красноватым пламенем с активным звездопадом и напоминает бриллиантовую смесь, в отличие от которой хранится неограниченно долго. Можно зернить отдельно сажу, что делает сушку безопаснее, но такая композиция горит по типу крупноискристых фонтанов простого огня.

Подобный состав 1505 (мякоть-селитра-сера 2:2:1) содержит больше серы, но он слабее и даёт красновато-белое пламя. Прибавляя мякоть, его можно усилить, подавляя огонь, и наоборот, снижая концентрацию мякоти, эту композицию можно перевести в медленногорящий пламенный состав.

Селитро-угольная смесь 1506 (4:1) даёт слабое, бронзовое пламя с мелкими обильными искрами и применяется только для неподвижных фонтанов. При дополнительном введении селитры состав

делается более сильным и искристым, но пламя при этом уменьшается. Небольшое добавление серы (2-3%) также усиливает состав и заметно вырождает окраску, делая её менее насыщенной.

**Таблица 71. Составы фонтанов двойного огня**

%	№	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510
		Красные					Бронз	Жёлтые			Зелён
Калия нитрат	47		11	67	70	80	17		69		
Калия хлорат		65	45					65			39
Натрия нитрат							54				
Натрия оксалат								11	4		
Бария нитрат											39
Стронция нитрат	27										
Стронция оксалат		11	22								
Сера	16	22	22	16	25	20	12	22	15	20	
Сурьмы (III) сульфид	3						14		8		
Уголь древ. мелкий	7	2			5		3	2	4	2	
Сажа				17							

%	№	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1520
		Белый	Голубые								
Калия нитрат	72			39	42	53			50	33	
Калия хлорат		67	38				63	53			
Сера	12	22			29		26	34			
Сурьмы (III) сульфид	13										
Уголь древ. мелкий	3			16	4	7			6	33	
Древесные опилки									6		
Цинковые опилки			57	45	25	40			38	34	
Малахит							11				
Горная синь		11						13			
Лактоза			5								

Фонтанные смеси двойного жёлтого огня представлены составами 1507-1509 средней силы. Они имеют яркую окраску как за счёт содержания сульфида сурьмы (III) (сост. 1507, 1509), так и образующихся галогенидов (сост. 1508), делающих жёлтое пламя чистым и блестящим.

Композиция с нитратом натрия (сост. 1507) образует наиболее насыщенную жёлтую окраску огня, но она гигроскопична и долго не хранится. Легковоспламеняющийся состав 1508 с бертолетовой солью весьма взрывоопасен в производстве и требует весьма аккуратного смешивания компонентов.

Очень красивый, блестящий, ярко-зелёный, мелкоискристый огонь образует состав 1510, содержащий нитрат бария.

Оловянные и свинцовые опилки позволяют получить фонтаны со светлыми, голубоватыми искрами.

Наиболее широко применяются фонтанные составы двойного огня голубых тонов. Яркое, голубовато-белое, мелкоискристое пламя средней силы даёт пороховая композиция с сульфидом сурьмы (сост. 1511). Сила состава легко регулируется введением мякоти, но пламя при этом уменьшается.

Довольно яркие, светло-голубые, спокойные фонтаны дают составы 1512, 1517 и 1518, содержащие горную синь. Их сила возрастает в приведенном порядке с повышением содержания серы, не очень влияя на окраску.

Эффектно смотрятся искристые фонтаны голубого огня с цинковыми опилками. Этот металл сгорает весьма энергично, поэтому чтобы составы не превращались в чисто пламенные, содержание цинка в них должно быть повышенным (>20%), а сами опилки покрупнее (2-4 мм).

Так, фонтанная композиция 1513 горит медленным, спокойным, насыщенным и в то же время блестящим, искристым, светло-голубым огнём. В её состав не входит селитра, поэтому она очень долго хранится без ущерба качеству пламени. Из-за лёгкости воспламенения она также хорошо подходит для изготовления звёздок и светящихся шариков.

Состав 1514 средней силы сгорает великолепным огнём в виде голубоватых жемчужин, перемешанных с красными искрами. Лучше всего он подходит для укороченных гильз средних и больших калибров с размером жерла не менее 1/2 внутреннего диаметра. Дело в том, что в длинных фонтанах, по мере выгорания, состав может переходить в пламенный.

Фонтанная композиция 1515 часто применяется для изображения падающей воды. Цинковая смесь 1516 даёт богатое пламя с голубыми и красными искрами, напоминая состав 1514.

Введение древесных опилок в цинковый состав 1519 делает его броское, искристое, голубовато-красное пламя ещё более обильным, позволяя применять эту смесь даже для подвижных фонтанов, тем более, что она неплохо сохраняется в течение нескольких месяцев.

Бессерный цинковый состав 1520 красиво сгорает без запаха, но его применение в помещениях всё же ограничено обильным выделением дыма. Кроме того, температура его воспламенения довольно высока.

Во избежание расслаивания при набивании гильз цинковые составы обычно смачивают несколькими каплями спирта.

К сожалению, цинковые смеси в основном плохо хранятся, трудно воспламеняются от стопина, в связи с чем требуют промежуточной подсыпки и выделяют густой желтовато-белый дым.



|| Имейте в виду, что цвет пламени цинковых составов зависит даже от времени суток. Днём в солнечных лучах он кажется зелёным, из-за жёлтого светофильтра из дыма, а ночью – чисто голубым.

Медные и латунные опилки придают фонтанному огню мелкоискристую, голубую окраску с зеленоватым отливом и хорошо подходят для фонтанных композиций типа «голубая струя» (сост. 1521–1523). В помещениях такие смеси применяются без серы (сост. 1524 и 1525), но и их используют весьма ограниченно из-за токсичного действия «медных» паров (табл. 72).

**Таблица 72. Составы цветных фонтанов, адаптированные к калибру**

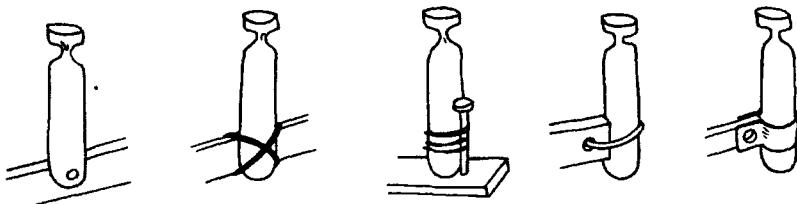
№ %	Двойного огня					Пламенные						
	Голубые					Розовые		Жёлтые		Бел	Голубые	
	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531	1532
Калибр, мм												
Калия нитрат	53	58	61	72	57	79	82	52	64	75	62	73
Натрия нитрат								23	18			
Сера	8	11	7			8		16		17	8	
Уголь древ. мел.	9	7	11	17	13	13	18	9	18	8	9	15
Цинк (опилки)											21	12
Латунь (опилки)	30	24	21	11	30							

Пламенные составы в технологии фонтанов используются реже. Однородным, розовым огнём сгорает пороховая смесь 1526 и селитро-угольный состав 1527. Добавлением к ним нитрата натрия достигается жёлтый огонь (сост. 1528 и 1529), а введением серы – белый (сост. 1530) или бледно-голубоватый. Голубые пламенные составы для фонтанов (сост. 1531 и 1532) готовят разведением цинковых ис-

кристых композиций двойного огня (табл. 72) селитрой с использованием мелких опилок не крупнее 1 мм.

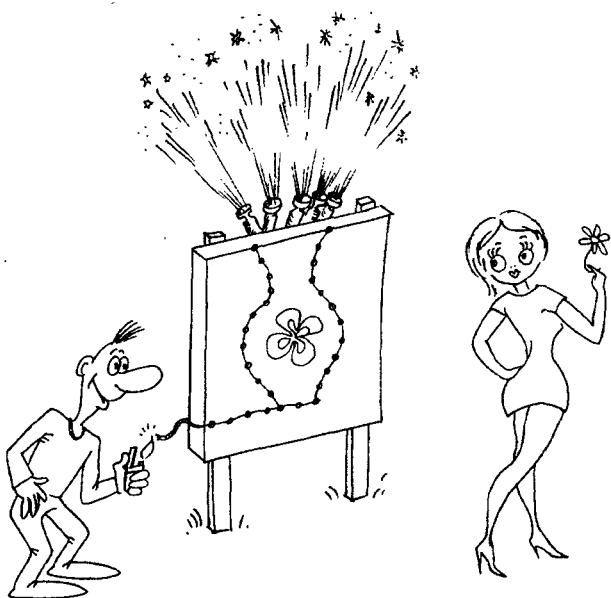
При желании Вы тоже можете поэкспериментировать и предложить новые составы фонтанов. Для этого достаточно к 8 весовым частям пороховой мякоти добавить 1-3 части вещества, способного раскаляться в пламени с образованием искр, а ещё лучше ярко сгорать в нём.

Для крепления фонтанов используют самые разнообразные приёмы.



Их можно прибивать к стенду гвоздями через пробку глиняного или бумажного затвора, фиксировать «восьмёркой» к рейке, приматывать к вбитому гвоздю, крепить к отверстию проволочной петлёй или даже металлической муфтой.

Если Вы уже освоились с этой фигурой, то чтобы окупить затраты, можете изготовить ста-ринную китайскую вазу, для изображения которой также понадобятся фигурные свечи и серный фитиль. Сами фонтаны прибиваются за ук-рашенным щитом. При их го-

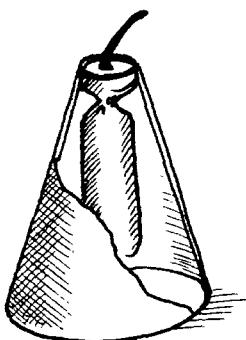
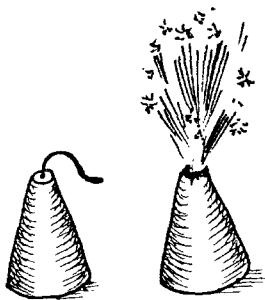


рении кажется, что искры вылетают непосредственного из огненно-го горшка. Если вместо цветка на нём изобразить глаза и нос, то получится симпатичная кучерявая мордашка, а если же использовать их несколько, то легко приготовить трёхглавого огнедышащего дракона.

В последнее время стали широко применяться одиночные фонтаны конической формы. С одной стороны

их сопло быстро выгорает, однако столб пламени остаётся на одинаковом уровне, так как постоянно увеличивается пло-щадь горения состава.

Ещё чаще продаются изделия, в которых обычная фонтанная гильза вклеивается в конусное основание. Такие фонтаны не требуют специального крепления и чем-то напоминают вулкан. Од-нако на этом их преимущества заканчиваются и для групповых композиций они не используются.



## 27.4. Огненный букет

**И**зменяющиеся или пульсирующие фонтаны помогут разнообразить арсенал фейерверка. Для их приготовления хорошо подходят прочные фонтанные гильзы чаще калибром 20 мм. Как Вы уже могли догадаться, «изменяющимся» называют фонтан с пере-менным пламенем. Для этого гильзу начиняют послойно несколь-кими составами, например, простым угольным искристым, полу-бриллиантовым и бриллиантовым, а в конце – пороховым шлагом. Если же входящие составы резко отличаются силой, фонтан ещё и пульсирует.

Очень красиво выглядит разновидность фонтанов, выбрасывающих порциями массу светящихся разноцветных огненных зёрен.

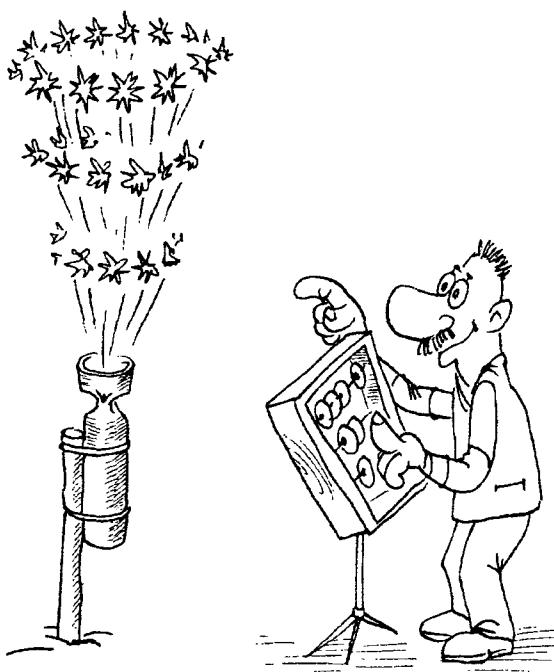
Они получили название «букетов» или «снопов». Для их приготовления употребляют толстостенные фонтанные гильзы обычно калибром 25 мм и диаметром сопла 8 мм (1/3 калибра).

**Букетный фонтан** снаряжают наunterзатце без глины, забивая на 1 калибр крупноискристым угольным составом (например, сост. 1465), поверх которого всыпают 12-15 мелких разноцветных светящихся шариков (табл. 44-52). Затем неплотно, чтобы не раздробить зёरна, опять запрессовывают искристый состав на 1/2 калибра и повторно закладывают шарики. Так послойно начиняют всю гильзу, а в конце засыпают зернистый порох для выстрела.

Входящие звёздки формируют в виде твёрдых кубиков с ребром в 4 мм. Зёрнышки белого и жёлтого огня обычно не используют, так как они легко сливаются на фоне фонтанных искр. Иногда в букетах вместо угольных искристых применяют бриллиантовые составы.

Не менее красочно выглядят букеты, в которых зёरна в горючем составе распределены равномерно. Отчасти это облегчает их запрессовку, так как звёздки, содержащие хлорат калия и серу легко воспламеняются от удара. Можно использовать бессерные шарики, но они горят не так ярко, или не содержащие бертолетову соль, но они хуже воспламеняются.

Впечатляющий эффект производят редко применяемые букеты больших калибров в 40-45 мм. Шарики для них делают 7-8 мм в диаметре, отверстие шейки гильзы 1/2 калибра, а в качестве горюче-

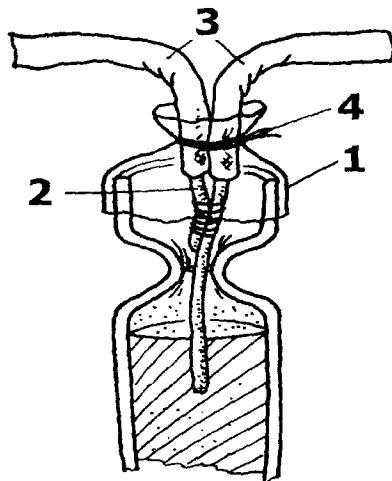


го состава употребляют более сильные форсовые смеси (например, сост. 1580, табл. 75). Звёздки равномерно смешивают с форсовым составом из расчёта 1:4.

Такие изделия чаще сжигают индивидуально, хотя они могут украсить любую сложную композицию.

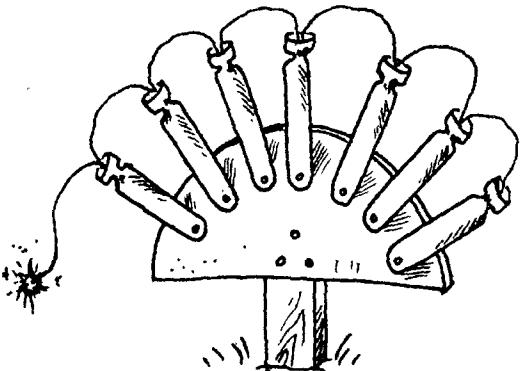
## 27.5. Вместо поющих фонтанов – горящие

**Е**сли Вы решили убить соседей широтой размаха и правильно заполнили налоговую декларацию о доходах, то не мелочитесь – этот раздел для Вас.



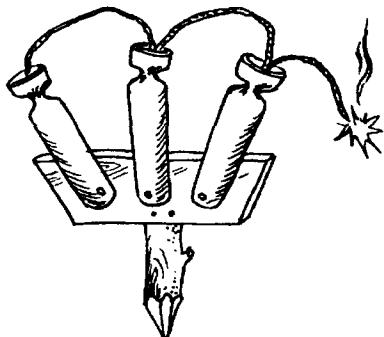
рут, перетягивая бумажное удлинение сурою ниткой (4). Для большей надёжности воспламенения внутренние стенки головки гильзы предварительно обрабатывают жидкой пороховой подмазкой. В некоторых случаях подмазку используют как основной

Сегодня трудно удивить кого-то каскадом поющих фонтанов, другое дело горящих. Композиции даже из нескольких таких фигур смотрятся великолепно, а для их синхронного воспламенения используют специальное крепление огнепровода. Головку гильзы оклеивают двумя оборотами тонкой бумаги (1), удлиняя её на 2-3 калибра. Стопины (2) вставляют в канал шейки фонтана. Надевают на них огнепроводные трубки (3) и фикси-

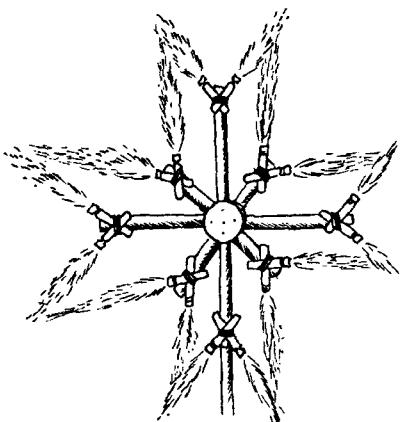


фиксирующий материал, но такие конструкции менее надёжны.

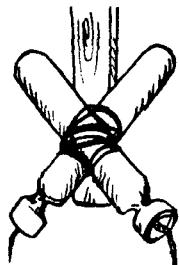
Итак, приступим к огненным фигурам. Имея в распоряжении 5-7 фонтанов проще всего изготовить «веер», прибив их гвоздями к полукруглой доске. Изделие красиво смотрится при снаряжении нежными фарфоровыми (сост. 1471 и 1472) или полубриллиантовыми (сост. 1484) смесями.



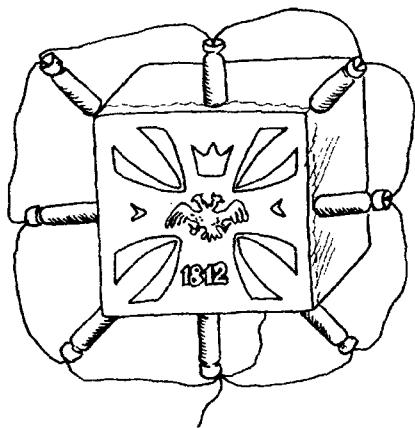
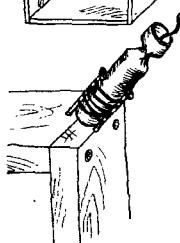
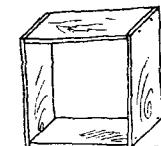
Картина будет ещё грандиознее при использовании букетов со светящимися звёздками. В таком виде изделие больше похоже на **павлиний хвост**. Для большего сходства применяют составы зелёного и голубого огня.

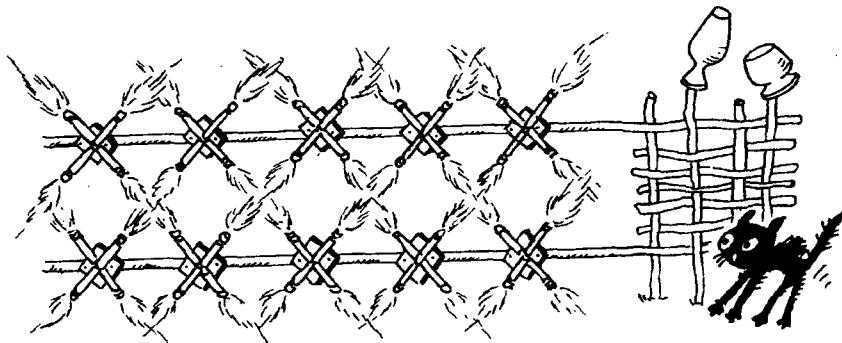


Обычно, 16 неподвижных фонтанов вполне достаточно, чтобы соорудить так называемый «мальтийский крест». Для надёжной фиксации фонтаны предварительно связывают верёвкой попарно крест-накрест посередине, а уже потом подвязывают к крестовине.



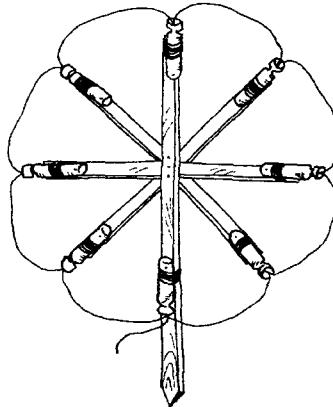
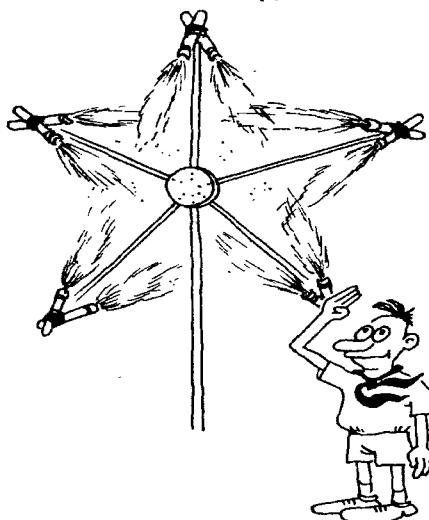
Подобный «крест», впрочем, как и любую другую геометрическую фигуру, можно приготовить **методом «транспаранта»**. На дощатый каркас натягивают полотно. Масляными красками наносят необходимый рисунок. Основной фон, как и саму коробку, выкрашивают в чёрный цвет. В местах планируемых фонтанов неглубоко вбивают длинные гвозди, к которым фиксируют гильзы сурговой ниткой на клею. Внутрь коробки устанавливают фальшфейер с факельным составом, либо несколько ярких толстых свечей, которые фиксируют к поверхности рамки. Остаётся связать все фонтаны с факелом единственным стопином и поджечь его тёмным вечером.





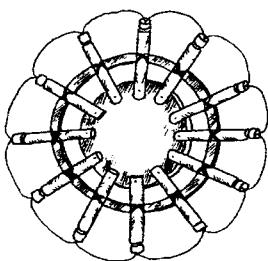
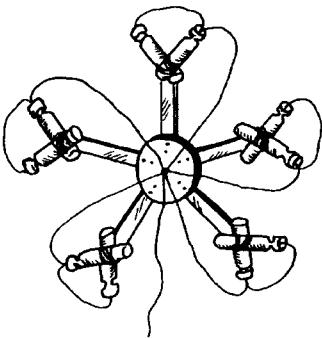
Из отдельных «крестов» можно сделать красивую **мозаику решётчатого типа**. Жаль, что горит она всего несколько минут – лучшего забора не найти.

Если Вы не устали, то пойдём дальше и наложением двух «крестов» изготовим **«неподвижную звезду»**. Эта фигура выглядит ещё поразительнее, когда состоит из пульсирующих или изменяющихся фонтанов. Жаль только, что она не крутится.



**Пятиконечную звезду**, как символ целой эпохи, несложно соорудить, глядя на рисунок и используя попарно связанные фонтаны. Огненные струи ориентируют внутрь изделия. Лучший цвет для них тёмно-красный или хотя бы алый. Калибр фонтанов желательно использовать покрупней.

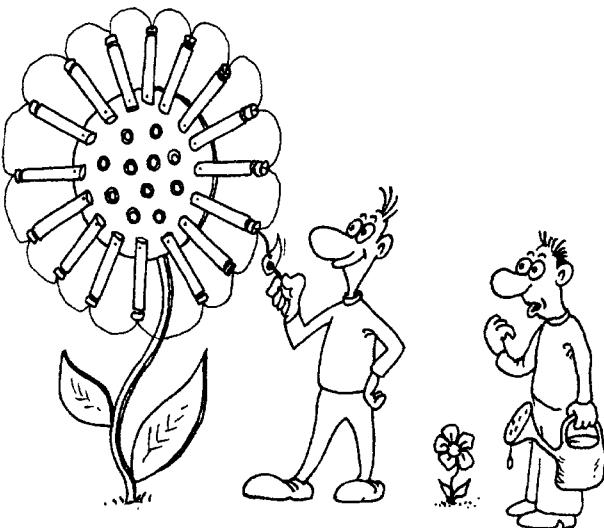
Если Вы ещё не определились в своём отношении к этой фигуре, знайте, что её довольно просто вывернуть наизнанку. У вас получится звезда в 10 лучей. При этом цвет фонтанов можно применять любой.

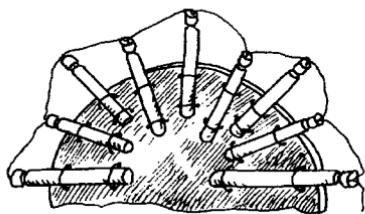


Увеличивая количество фонтанов в обойме, легко перейти от «звезды» к «неподвижному солицу». Обычно, к деревянному кругу лучеобразно прибивают по радиусу фонтан-

ные гильзы, а для придания им устойчивости и правильного расположения подвязывают обруч.

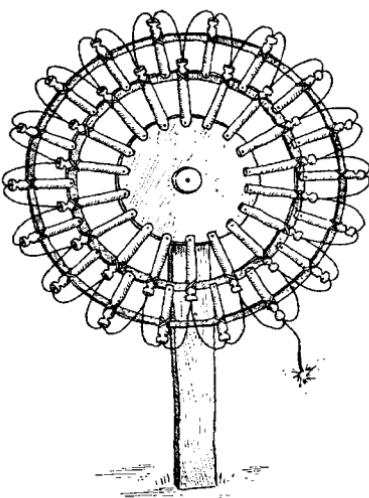
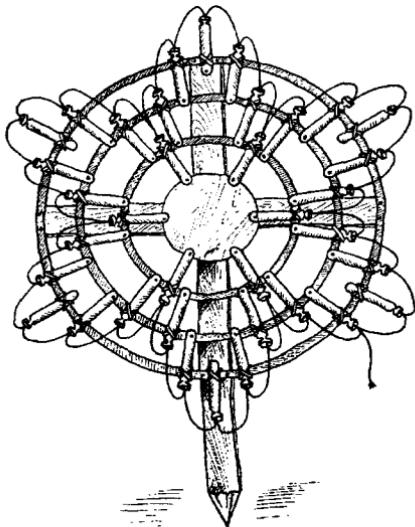
Если в середину такой фигуры установить жёлтые свечи, то сходство с небесным светилом станет неоспоримым, а некоторые даже смогут принять её за подсолнух, ведь недаром *Helianthus* в переводе с латыни означает «**солнечный цветок**».





Для фиксации фонтанов этого типа также хорошо подходят фанерные, а ещё лучше дюралевые круги с монтажными отверстиями, что позволяет крепить к ним гильзы петлей на разном уровне и заметно видоизменить огненную фигуру.

Этот приём можно развивать и дальше, для чего фонтаны устанавливают в несколько ярусов. Такое «**«солнце»**» обычно называют «**«сиянием»**». При его постановке нужно следить, чтобы искристые шлейфы фонтанов не сливались в безобразную массу огня. Для этого максимально укрупняют фигуры и применяют комбинации различных составов. Так, диаметр двухъярусной фигуры должен составлять около 2 метров, а четырёхрядной – не менее 3 метров.

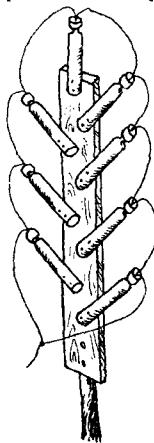


Если же Вы решитесь сделать представление, соорудив грандиозное изделие в 10 ярусов, оно будет выглядеть шикарнее, чем миллион алых роз. Только диаметр такой фигуры должен быть не менее 8 метров, а чтобы её достойно снарядить Вам, как тому художнику из песни, придётся продать всё, что есть в доме вместе с ним в придачу.

Очень приятное зрелище представляет «**«сияние»**» в не-

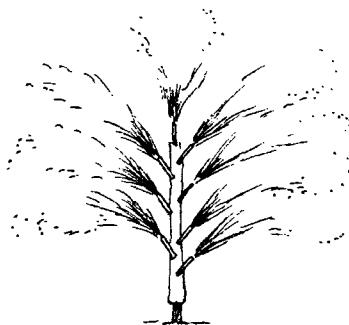
сколько рядов, в котором внутренний и внешний слой составлены из бриллиантовых фонтанов, а промежуточные гильзы снаряжены простыми крупноискристыми составами типа 1474.

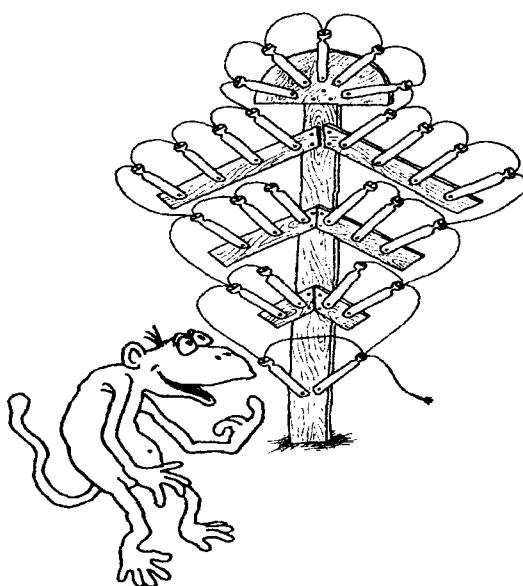
«Растительный» раздел этой главы, пожалуй, можно начать с несложного, но эффектного изделия, которое так и назовём «простое дерево». Для его установки достаточно к деревянной планке прибить наискосок десяток фонтанов, равномерно ориентируя их в разные стороны. И не увлекайтесь длиной этой фигуры, а то она будет больше походить на древесную лиану.



Когда по требованию «зелёных» запретят новогодние ёлки, воспользуйтесь нехитрым советом. К толстой палке ярусами приейте рейки, как указано на чертеже, причём, каждый восходящий уровень делайте в половину короче. На концах реек деревянного щита укрепите букеты с зелёными звёздками, соедините их стопином и можете

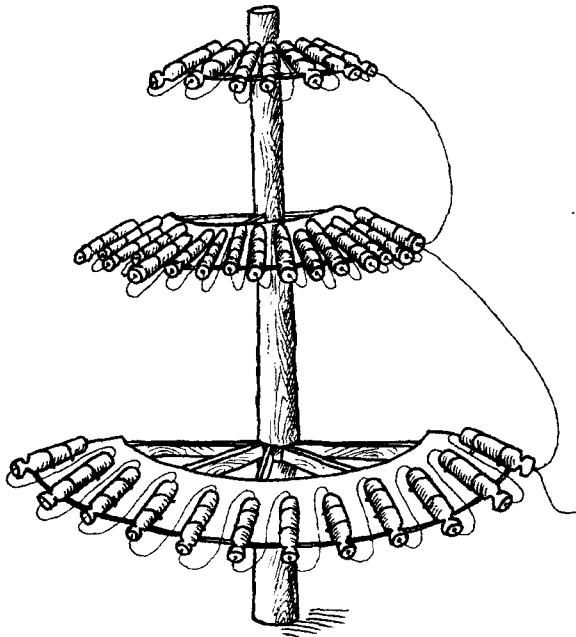
приглашать Деда Мороза.



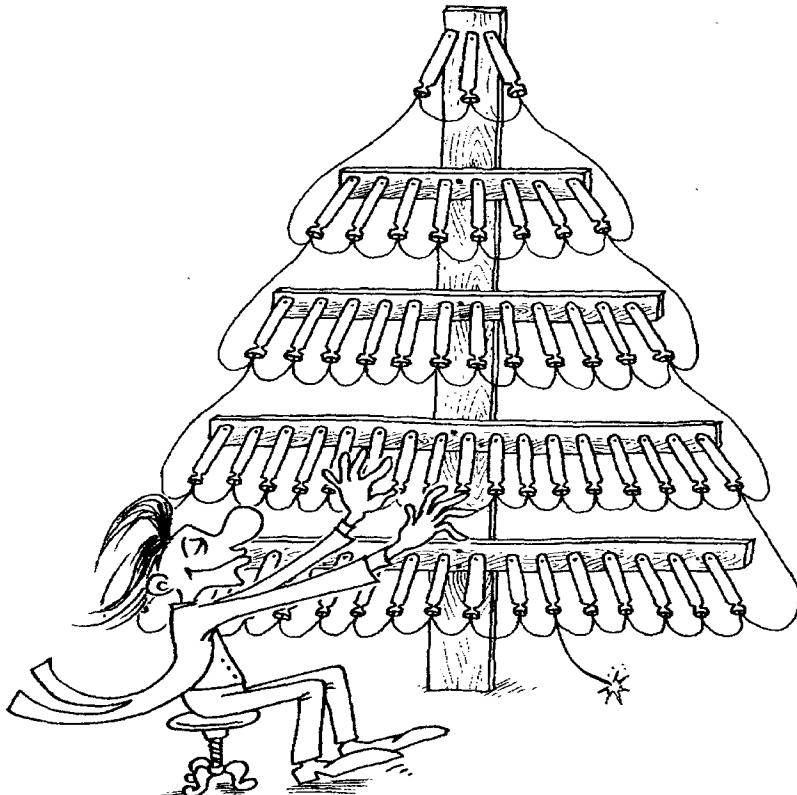


При изготавлении объёмных «ёлок» воспользуйтесь многоярусным стеллажом, в котором полу- круглые полки, напоминающие противни для жарки барбекю, увеличиваются к основанию. Если такую «ёлку» снарядить голубыми фонтанами двойного огня типа состава 1515 или смесей «голубая струя» 1521-1525, изделие вполне сойдёт за «водопад». В таком виде его называют «отливным».

Даже если Новый Год застанет Вас на экваторе – не расстраивайтесь: щит от «ёлки» выручит Вас и тут. Переверните его «вверх ногами», а вместо верхушки закрепите «гусиный веер». Прибейте фонтаны и огненная «пальма» готова. Для большего сходства можете сделать её в натуральную величину, а составы огня подберите с зелёной окраской.



Чаще же «водопад» делают «плоским» или «вертикальным». В качестве щита применяют длинный деревянный бруск с набитыми поперечными планками. В отличие от «ёлок» в этой фигуре фонтаны прибиваются головками вниз. Для снаряжения гильз помимо предложенных составов вполне подходят полубриллиантовые (например, сост. 1484) или свинцовые смеси (например, сост. 1068).



Изображённый инструмент больше подходит для хоральных прелюдий Георга Фридриха Генделя или токкаты и фуги ре минор Иогана Себастьяна Баха.

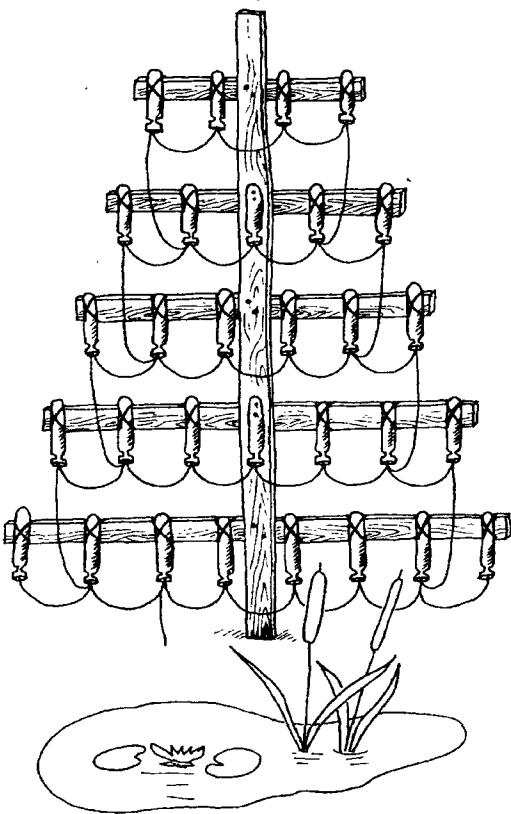
В обычных «водопадах» струи зернистого огня «стекают» сравнительно беспорядочно. Если же фонтаны, снаряжённые разноцветными составами, распределить строго через один так, чтобы

гильзы нечётных этажей совпадали, получится «каскад». Как и в «водопадах», число его этажей выбирается произвольно с учётом Ваших амбиций, а вот фонтаны закрепляются на них пореже. Среднее расстояние между ярусами (обычно, около метра) должно равняться половине длины огненного шлейфа так, чтобы искры доставали нижние гильзы через этаж.

Для снаряжения каскада лучше использовать «букеты» с разноцветными звёздками. Чаще верхние ярусы снаряжают более светлыми зёренами, комплектуя поэтажно белыми, жёлтыми, красными, зелёными, синими или фиолетовыми огнями. Но, возможно, Вы захотите сделать радугу, и Вам придётся вспомнить расположение её цветов.



|| И, наконец, главный совет: сложные фигуры предварительно размечайте мелом, чтобы на них хватило фонтанов.



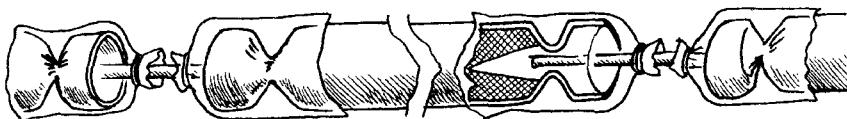
## 27.6. А всё-таки они вертятся

*И*з сопла вырвался сноп искр, и великолепное огненное колесо величественно завертелось, осветив землю... А вот для приведения его в движение понадобились специальные подвижные фонтаны – **форсы**, выполняющие роль реактивных двигателей.

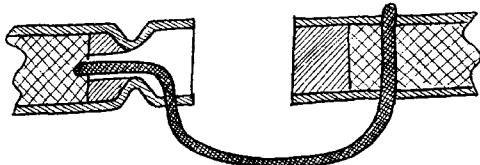
По своему устройству **форсы** напоминают неподвижные фонтаны. Наиболее ходовой калибр для них 16 мм, реже применяются изделия с внутренним диаметром от 8 до 30 мм. Толщина стенок форсовых гильз составляет  $1/3\text{--}1/4$  калибра, а диаметр сопла  $1/3$  калибра. Их длина немного короче фонтаных (10-12 калибров), учитывая большую нагрузку при горении.

Снаряжают форсы, как и фонтаны, наunterзатце или стержне длиной в 1,5 калибра, предварительно запрессовав глину (0,5 калибра) и медленный состав (1 калибр).

Одиночные форсы употребляют редко. Обычно, для их последовательного воспламенения в головной части через пробку вы сверливается отверстие до горючего состава. В него вставляют стопин в проводной трубке, второй конец которого вводят в жерло следующего форса. Для его надёжной фиксации используют пороховую подмазку либо обклеивают гильзу папиресной бумагой, как бы удлиняя её с обеих сторон на несколько сантиметров, и перетягивают ниткой вокруг проводной трубы со стопином, подобно тому, как крепят зажигательный шнур к фонтанам.



Иногда для упрощения монтажа, чтобы не сверлить глиняную пробку, используют крепление Ната. Для этого делают сквозные отверстия, как в стенке гильзы в конце горючего состава, так и в головке последующего форса, которые соединяют стопином в тонкостенной бумажной трубке. За счёт изгибов огнепроводный шнур держится весьма надёжно без дополнительных креплений.



В форсах, как и в других самостоятельно движущихся пиротехнических изделиях (ракетах, швермерах, шутихах, жаворонках), применяются специальные усиленные искристые и пламенные составы, выделяющие большой объём горючих газов и спо-

собные совершать работу. Такие составы получили название «реактивных» или «динамических».

Указанным требованиям вполне удовлетворяют пиротехнические смеси на основе пороховой мякоти. Скорость её горения до определённой степени можно уменьшить, повышая плотность запрессовки, и иногда этим пользуются при изготовлении мелких изделий с малой поверхностью горения (например, пчёлок, швермеров или шутих).

Обычно же мякоть разводят слабогорящими веществами или составами, содержащими углерод. Чаще всего это мелкий и крупный до 1 мм в диаметре древесный уголь; различной величины опилки железа, чугуна, стали, меди, цинка или алюминия; а также двойные смеси: сильный селитро-уголь (81:19) либо селитро-сера (76:24).

Известно, что прибавление к пороховой мякоти угля не только снижает скорость, температуру горения и силу состава, но и увеличивает объём выделяемого газа. Это объясняется дополнительным образованием окиси углерода, для чего содержание угля в пороховом составе повышают как минимум вдвое. А поскольку в дымном порохе содержится 13% древесного угля, то понятно, почему все «универсальные» формулы приготовления реактивных составов для фейерверков (Матюковича, Степанова, Демидова и др.) содержат эту роковую цифру.

При добавлении к реактивной смеси ещё большего количества углерода (свыше 26%) он не выгорает полностью и пламя приобретает искристость.

Чем мельче гильзы таких пиротехнических изделий, тем меньший процент по весу горючего вещества они включают, поэтому тем сильнее должна быть реактивная тяга сжигаемого вещества для придания им подвижности; то есть, горючая смесь должна содержать меньше инертных наполнителей.

Эмпирическим путём установлено, что в зависимости от калибра подвижных фигур, дополнительное количество крупного угля для формирования искр на каждые 113 весовых частей реактивного состава (100 частей мякоти и 13 частей мелкого древесного угля) составляет:

$$m = K \cdot k,$$

где  $m$  – количество весовых частей крупного угля;

$K$  – калибр или внутренний диаметр гильзы в мм;

$k$  – коэффициент, определяющий силу состава, который для сильных смесей равен 0,2, средних 0,3 и слабых 0,4.

Сильные составы применяют для форсов, швермеров и пчёлок; средние – для жаворонков, китайских колёс и квекарей; а слабые – для ракет и малоподвижных фонтанов.

Если вместо крупного угля добавляются опилки чёрных металлов, то их берут по весу в два раза больше угля.

Таким образом, универсальные формулы основных реактивных составов включают весовых частей:

а) пороховая мякоть	100	б) пороховая мякоть	100
уголь мелкий	13	уголь мелкий	13
уголь крупный	$K \cdot k$	железные опилки	$2K \cdot k$
в) пороховая мякоть	100		
уголь мелкий	13		
уголь крупный	$0,5K \cdot k$		
железные опилки	$K \cdot k$		

Использование чистой пороховой мякоти с металлическими опилками, как рекомендуют некоторые авторы, менее рационально, так как в огне столь сильной смеси они не успевают раскаляться. Напротив, наиболее яркие искры дают составы, ослабленные смесью селитры с углем либо серой.

Несмотря на то, что двойные композиции селитра-уголь (81:19) и селитро-серы (76:24) значительно слабее пороховой мякоти, в чистом виде они используются лишь для снаряжения изделий самых малых калибров. Обычно же их тоже ослабляют, причём, при использовании этих смесей вместо пороховой мякоти расчётные количества искристых веществ (крупного угля и металлических опилок) снижают вдвое.

Учитывая, что в форсах применяются только сильные реактивные составы ( $k = 0,2$ ), формулы расчёта весовых частей их компонентов имеют вид:

#### - искристые с розовой лентой

г) пороховая мякоть	100	д) селитро-уголь (81:19)	100
уголь мелкий	13	уголь крупный	$K \cdot 0,1$
уголь крупный	$K \cdot 0,2$		

**- искристые с бриллиантовой лентой**

е) пороховая мякоть	100	ж) селитро-уголь (81:19)	100
уголь мелкий	13	железные опилки	K·0,2
железные опилки	K·0,4		

**- искристые с полубриллиантовой (двойной) лентой**

з) пороховая мякоть	100
уголь мелкий	13
уголь крупный	K·0,1
железные опилки	K·0,2

**- пламенные белого огня**

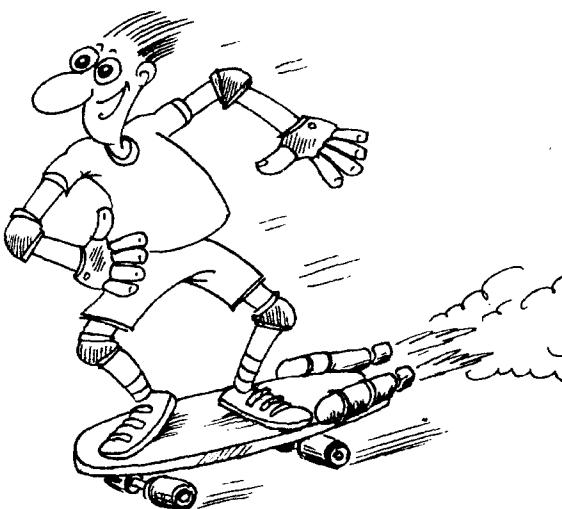
и) пороховая мякоть	100
селитро-серы (76:24)	K·2,4

**- пламенные розового огня**

к) пороховая мякоть	100
селитро-уголь (87:13)	K·2,4

Например, рецепт «г» для форса калибром 20 мм включает 4 части (20·0,2) крупного угля, рецепт «з» того же калибра – 8 частей (20·0,4) железных опилок, а пропись «к» - 48 частей (20·2,4) слабой смеси селитро-уголь (87:13).

Рецепты реактивных пламенных составов «и» и «к» для форсов применяются реже остальных, так как дают более короткий шлейф и не так эффектны.



Следует иметь в виду, что для большинства форсов рекомендуется применять средне-сильные составы, а для малых только сильные. Пиротехнические композиции с низким содержанием угля 7,5-15% могут употребляться только для малых калибров до 13-16 мм. Составы же с содержанием угля 5-7,5% наоборот ино-

гда служат для приготовления форсов и некоторых ракет с внутренним диаметром свыше 25-30 мм. Пороховые смеси, включающие

менее 5% угля дают красивое белое пламя, но горят медленно и в качестве реактивных не применяются. Для удобства изготовления форсов в таблицах 73 и 74 приведены сильные реактивные искристые и пламенные составы, адаптированные к калибру.

**Таблица 73. Сильные искристые форсовые составы, адаптированные к калибру**

% №	С крупноискристой розовой лентой							
	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539	1540
	Калибр, мм							
	30	25	20	16	13	10	8	5
Пороховая мякоть	84	84,7	85,5	86,2	86,5	87	87,3	87,7
Уголь древ. мелкий	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,3	11,4	11,4
Уголь древ. крупн.	5,1	4,3	3,4	2,6	2,2	1,7	1,3	0,9

*или*

% №	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539	1540
Калия нитрат	63	63,5	64,1	64,6	64,9	65,2	65,5	65,7
Сера	10,5	10,6	10,7	10,8	10,8	10,9	10,9	11
Уголь древ. мелкий	21,4	21,6	21,8	22	22,1	22,2	22,3	22,4
Уголь древ. крупн.	5,1	4,3	3,4	2,6	2,2	1,7	1,3	0,9

**Таблица 73. Продолжение**

% №	Бриллиантовые								Полубриллиантовые					
	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553	
	Калибр, мм								30	25	20	16	13	10
Пороховая мякоть	80	81,3	82,6	84	84,7	85,5	86,2	87	82	83	84	85,1	86,2	
Уголь древ. мелк.	10,4	10,6	10,7	10,9	11	11,1	11,2	11,3	10,6	10,8	10,9	11	11,2	
Уголь древ. крупн.									2,5	2	1,7	1,3	0,9	
Железные опилки	9,6	8,1	6,7	5,1	4,3	3,4	2,6	1,7	4,9	4,2	3,4	2,6	1,7	

*или*

% №	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553
Калия нитрат	60	61	62	63	63,5	64,1	64,6	65,2	61,5	62,3	63	63,8	64,6
Сера	10	10,2	10,3	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	10,2	10,4	10,5	10,6	10,8
Уголь древ. мелк.	20,4	20,7	21	21,4	21,6	21,8	22	22,2	20,9	21,1	21,4	21,7	22
Уголь древ. крупн.									2,5	2	1,7	1,3	0,9
Железные опилки	9,6	8,1	6,7	5,1	4,3	3,4	2,6	1,7	4,9	4,2	3,4	2,6	1,7

**Таблица 74. Сильные пламенные форсовые составы, адаптированные к калибру**

% №	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561
	Калибр, мм							
	30	25	20	16	13	10	8	5
Пороховая мякоть	54	57,8	62,1	67,1	69,9	73	76,3	80
Уголь древесн. мелкий	7	7,5	8,1	8,7	9,1	9,5	9,9	10,4
Селитро-серы (76:24)	39	34,7	29,8	24,2	21	17,5	13,8	9,6

%	№	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561
Калия нитрат		70,1	69,7	69,2	68,7	68,4	68	67,7	67,3
Сера		16,1	15,6	14,9	14,2	13,8	13,4	12,9	12,3
Уголь древесн. мелкий		13,8	14,7	15,9	17,1	17,8	18,6	19,4	20,4

Таблица 74. Продолжение

% №	1562	1563	1564	1565	1566	1567	1568	1569	или
									Калибр, мм
	30	25	20	16	13	10	8	5	
Пороховая мякоть	54	57,8	62,1	67,1	69,9	73	76,3	80	
Уголь древесн. мелкий	7	7,5	8,1	8,7	9,1	9,5	9,9	10,4	
Селитро-уголь (81:19)	39	34,7	29,8	24,2	21	17,5	13,8	9,6	

% №	1562	1563	1564	1565	1566	1567	1568	1599
Калия нитрат	72,1	71,5	70,7	69,9	69,4	68,9	68,4	67,8
Сера	6,7	7,2	7,8	8,4	8,7	9,1	9,5	10
Уголь древесн. мелкий	21,2	21,3	21,5	21,7	21,9	22	22,1	22,2

Разнообразные форсовые смеси для наиболее ходовых калибров 16-20 мм представлены в таблице 75.

Так, состав 1570 с повышенным содержанием серы относится к категории сильных и даёт небольшое, бело-голубоватое, красивое пламя.

Очень сильная форсовая смесь 1574 сгорает двойным красновато-белым огнём с коротким мелкоискристым лучом. Похожий эффект оказывает состав 1575, но реактивная сила его слабее.

Таблица 75. Составы форсов для наиболее ходовых калибров (16-20 мм)

% №	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577	1578
Калия нитрат	63	63	68	60	79	77	67	67	68
Сера	26	10	11	10	10	15	11	11	11
Сурьмы (III) сульфид							11		
Уголь древ. мелкий	11	27	21	30	11	8	11	11	12
Уголь древ. крупный							11	11	9

% №	1579	1580	1581	1582	1583	1584	1585	1586	1587
Калия нитрат	62	62	54	60	50	55	53	63	52
Сера	10	10	9	10	8	9	9	10	8
Уголь древ. мелкий	11	19	9	10	25	9	9	11	9
Уголь древ. крупный	17	9	14						
Железные опилки			14	20	17	27	29	16	31

Таблица 75. Продолжение

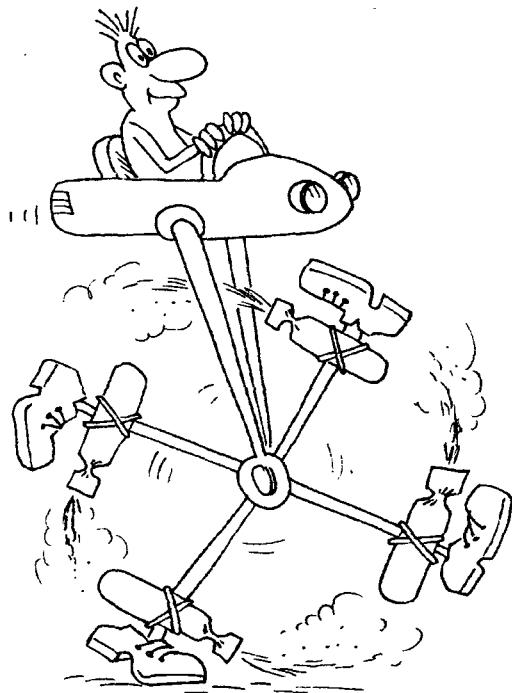
%	№	1588	1589	1590	1591	1592	1593	1594	1595	1596
Калия нитрат	59	60	60	57	9	60	60	67	30	
Калия хлорат						35				
Сера	14	9	11	11	6	10	10	11	5	
Уголь древ. мелкий	9	9	9	14	15	10	10	11	5	
Магниевые опилки						20				
Железные опилки	18	22	20	18	35					
Медные опилки						20	11			
Цинковая амальгама										60

Мощную тягу развивает динамическая смесь 1576, образующая яркое, голубовато-сероватое пламя со звёздоподобнымиискрами, напоминая бриллиантовый состав. Для большей красоты эту смесь зернят с камедью, протирая через сито с диаметром отверстий 1-2 мм.

Большой реактивной силой отличаются крупноискристые форсовые составы 1577-1580, причём, самый мощный из них 1578. С добавлением мелкого угля сила этих смесей падает, а их пламя приобретает розовую длинную ленту.

Великолепно выглядят форсы бриллиантового огня, снаряженные по рецептам 1582-1591. В этом ряду наиболее сильной является пиротехническая смесь 1582.

Красиво горит хлоратный реактивный состав 1592, также содержащий железные опилки. Его насыщенное искристое пламя очень яркое, однако, он легко детонирует от удара.



Широко применяется для устройства подвижных фонтанов полубриллиантовая смесь 1581, которая сгорает яркими, блестящими, розоватыми и белыми искрами.

Очень сильный реактивный форсовой состав 1593 включает 20% магниевых опилок и сгорает ослепительно-белым, искристым пламенем с весьма коротким шлейфом. Для получения более длинного луча используют магниевые стружки.

Исключительно красивый, яркий, светло-голубой огонь с зеленоватым оттенком образует необыкновенно сильная форсовая смесь 1596 с амальгамой цинка. К сожалению её пары весьма токсичны, а хранится она без ущерба качеству пламени только несколько дней. Этот срок можно значительно продлить, заменив амальгаму цинковыми опилками (особенно парафинированными), но сила такого состава слабеет, а пламя делается более тусклым.

Введение в пороховую смесь медных опилок позволяет получить весьма сильные форсовые составы 1594 и 1595, сгорающие ярким, светло-зеленоватым пламенем с голубоватыми искрами.

Значение описанных форсовых составов трудно переоценить: ими снаряжается большинство подвижных фигур фейерверков. А о том, как это лучше сделать Вы сейчас узнаете.

## *27.7. Так всё же, саксонское солнце или китайское колесо?*

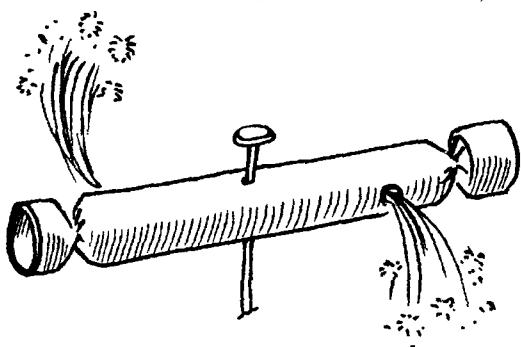
**В** ряд ли небесное светило выглядело по-разному в средневековой Европе или странах восходящего солнца. Может поэтому один из наиболее красочных элементов низовых фейерверков получил сразу два метких названия «саксонское солнце» и «китайское колесо». Эта фигура представляет собой вращающуюся вертикально вокруг оси гильзу, с концов которой вырывается искристое пламя с длинным шлейфом, образуя великолепный огненный круг, вполне напоминающий миниатюрное солнце.



Это изделие готовится несложно. Плотную гильзу первого рода произвольного калибра от 13 до 20 мм и длиной около 15-17 калибров плотно набивают произвольным искристым или двойным реактивным составом средней силы ( $k = 0,3$ ). Её торцы на 1,5 калибра забивают бумажными пробками на kleю или мелко просеянной глиной и обклеивают кружками из бумаги.

Некоторые авторы рекомендуют использовать гильзы с шейкой, которую изнутри запрессовывают бумагой или глиной и также после снаряжения затягивают противоположный конец. Но сделать это с плотной сухой гильзой не просто. Поэтому, когда горючий состав запрессован до нужной высоты, расслоите гвоздём или шилом внутренний слой бумажной гильзы, плотно прибейте его набойником к составу, а оставшуюся половину затяните верёвкой как при формировании шейки: теперь это будет не так сложно.

На каждом конце гильзы в месте, где начинается состав, необходимо



неглубоко просверлить две дырки с противоположных сторон диаметром в  $1\frac{1}{3}$ - $1\frac{1}{4}$  калибра, вставив в них куски стопина и зафиксировать их пороховой подмазкой. Под прямым углом к ним сквозь середину гильзы просверливают

третье сквозное отверстие того же диаметра и плотно вставляют в него на kleю картонную трубку, длиной несколько превышающей наружный диаметр.

Концы стопина соединяют между собой, предварительно надев на них проводную трубку так, чтобы середина его была открытой для поджигания.

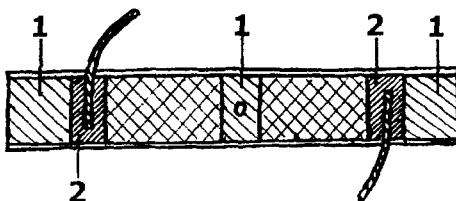
Остаётся только прибить фигуру через центральное отверстие для вертикального вращения.

Как только стопин догорит до состава, Вы сможете убедиться в надёжности его крепления к гильзе. Дело в том, что воспламенение изделия происходит не строго синхронно и плохо зафиксированный

стопин силой вращения может вырвать. Поэтому для большей надёжности лучше стопин дополнительно подклепать к гильзе полосками бумаги.

Можно поступить несколько иначе и в середину гильзы на 1 калибр запрессовать перегородку из сухой глины (1), тогда гильзу вставлять в центральное отверстие не обязательно.

Чтобы саксонское солнце не разорвало в начале воспламенения,

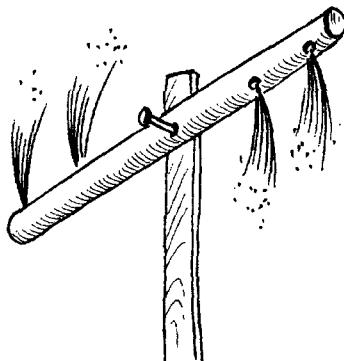


особенно если отверстия просверлены в глубь горючей смеси, что увеличивает поверхность горения, полезно запрессовывать гильзу с концов на 1 калибр медленногорячим искри-

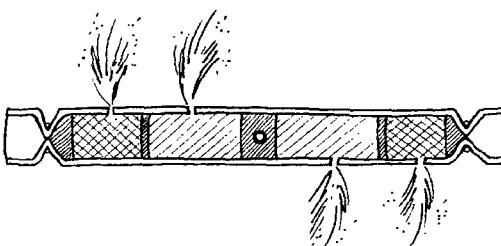
стым составом для малоподвижных фонтанов типа 1504 (2). Эта же смесь придаст начальное вращение в случае использования слабых двойных составов.

Следует иметь в виду, что вращающая сила изделия увеличивается по мере уменьшения диаметра «выхлопных» отверстий. Огонь при этом будет более узким, а гильзу может просто разорвать. По мере сжигания состава момент вращения фигуры ослабевает, так как импровизированные сопла быстро прогорают.

Саксонское солнце можно сделать более красочным, если ближе к центру просверлить ещё по одному дополнительному отверстию диаметром в 1/4 калибра и заклеить их тонкой бумагой. Такое изде-



лие по мере выгорания образует второй огненный круг. Если все 4 отверстия соединить стопином, то огненные круги формируются одновременно.



В этом случае огненным кругам можно придать различную окраску, для чего концы гильзы и её середину забивают разными составами, а между ними во избежание смешивания пламени формируют дополнительно две глиняные пробки в 1/4 калибра толщиной.

Для снаряжения саксонского солнца вполне подходят искристые составы средней силы, применяемые как в фонтанах (сост. 1501, 1504-1506, 1511), так и в форсах (сост. 1574, 1576, 1579, 1582 и 1596), но лучше использовать реактивные смеси, специально подобранные для этой цели (табл. 76).

**Таблица 76. Составы для китайских колёс и лиусинов**

% \ №	Искристые							
	Розовые		Белый	Голубой	Бриллиантовые			
	1597	1598	1599	1600	1601	1602	1603	1604
Калия нитрат	66	61	78	57	53	58	57	75
Свинца нитрат				25				
Сера	11	10		9	8	9	9	
Уголь древ. мелкий	23	21	18	9	9	10	20	18
Уголь древ. крупн.			8	4				
Железные опилки					30	23	14	7

% \ №	Искристые				Пламенные				
	Жёлтые		Синие		Белый	Жёлт.	Зелён.	Красные	
	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613
Калия нитрат	72	64			75	60			
Калия хлорат			66					57	
Калия перхлорат				61					54
Натрия нитрат						15			
Натрия оксалат		14							
Бария нитрат							18		
Бария хлорат							61		
Стронция нитрат								17	16
Сера	12	11	26	32	15	15	15	18	23
Уголь древ. мелкий	12	11			10	10	6	8	7
Горная синь			8	7					
Шеллак	4								



|| Имейте в виду, что в сильных бриллиантовых смесях (1602-1604) лучше использовать мелкие стальные опилки, так как более крупный дробленый чугун из-за быстрого вращения гильзы не успевает достаточно раскалиться.

Составы 1599 и 1604 вполне подходят для сжигания в помещении.

Горючая смесь 1600 образует нежный, очень обильный, бело-голубой, мелкоискристый шлейф, больше похожий на сияние.

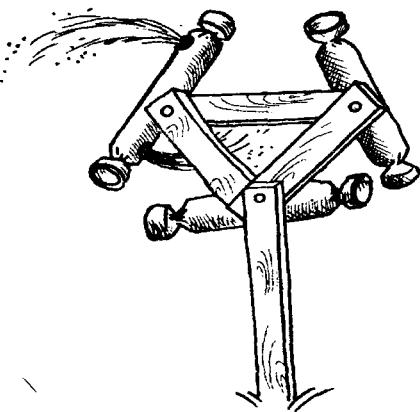
Цветные составы 1607-1613 относятся к категории пламенных. Они очень красивы, но луч от таких колёс более короткий. Пламенные смеси 1607, 1608, 1612 и 1613 горят особенно ярко, но готовить их, а тем более запрессовывать в гильзы надо более аккуратно, слегка смачивая спиртом или скпицидаром, так как составы 1607 и 1612 воспламеняются при трении и взрываются от удара.

Также хороший результат получается при использовании искристых и двойных составов для жаворонков.

Так как действие саксонского солнца не продолжительно, то эти элементы не зажигают поодиночке. Чаще они употребляются в

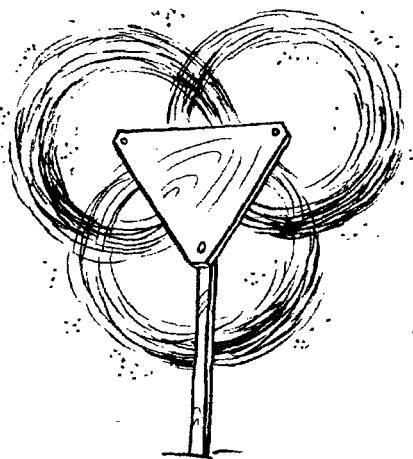
сложных композициях фейерверков с другими изделиями, но можно построить красивые огненные фигуры только из китайских колёс, например, «гирлянду», «узел» или «цветок».

Для этого из деревянных реек или сплошных щитов сооружают стеллажи в виде геометрических фигур (треугольников,



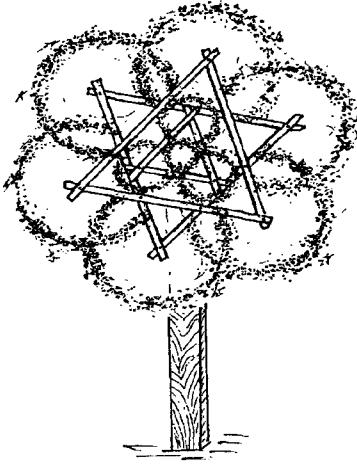
квадратов или многоугольников) в углы и в центр которых ввинчивают стержни с колёсами или форсами.

Проще всего приготовить так называемый «узел». Для этого достаточно прибить 3 заряженные гильзы к вершинам треугольника, установить его вертикально и объединить средины стопинов всех «солнц» общим зажигательным шнуром.



При этом, расстояние между «соплами» каждой гильзы должно превышать длину ребра треугольника, тогда огненные кольца пересекаются, оправдывая своё название.

Если же основанием для колёс выбрать вершины шестиконечной звезды «Давида», получаемой наложением двух деревянных треугольников, то выйдет чудесная фигура «цветок» с шестью огненными лепестками. Её можно уложить, разместив в центре небольшой «узел» или подобную фигуру.



## 27.8. Что такое лиусин?

**Э**то изделие иногда тоже называют «китайским колесом» и в практику фейерверков оно действительно пришло с Дальнего Востока. Грамотнее называть его «лиусином», хотя в Средневековой Европе за ним ещё водилось название «pastellien».

Такая фигура представляет плоскую спираль из длинной тонкой гильзы второго рода, начинённой реактивным составом, образуя при поджигании небольшой огненный круг.

Следует иметь в виду, что искристые смеси при горении лиусинов образуют разбегающиеся огненные лучи из ярких искр, подобно растрёпанной на ветру причёске, поэтому такие колёса ещё называют «волосатыми». Лиусины с пламенными составами получили название « кудрявых» из-за огненных кучерей-завитков, образуемых в момент горения.

Действие этого фейерверка не так эффектно, как при сжигании других колёс из-за малых размеров, но всё же достаточно красиво, чтобы описать его подробно.

На ровной тонкой проволоке диаметром 5-6 мм из писчей белой бумаги катают гильзу с толщиной стенок в 3-4 слоя. Оптимальную

длину трубы около 40 см дают полоски из листов бумаги формата А3. Если скрутить ровную гильзу такой длины будет проблематично – не расстраивайтесь: её можно склеить из двух коротких.



Не увлекайтесь размерами – очень длинную гильзу трудно не только изготовить, но и качественно снарядить, а из-за большого веса такие изделия ещё и могут плохо вращаться.

Гильзу с одного конца затягивают наглухо или заминают на клею и аккуратно, равномерно, но не очень плотно набивают в руках сильным искристым либо двойным составом.



Если у Вас всё же возникли при этом проблемы – не расстраивайтесь: снаряжение лиусина относится не столько к пиротехнике, сколько к искусству.

В открытый конец гильзы вставляют тонкую вороночку, а в качестве набойника применяют узкий (лучше четырёхгранный) стержень диаметром 3-4 мм. Гильзу держат на весу за верхний конец, всыпают в воронку со вставленным набойником горючий состав и слегка его прибивают, выбирируя стерженьком. Конец заполненной трубы затягивают ниткой.

После этого на гладком столе несколько раз катают снаряжённую гильзу деревянной скалкой, на поверхности которой вырезаны продольные витые желобки или хотя бы косая длинная выемка.

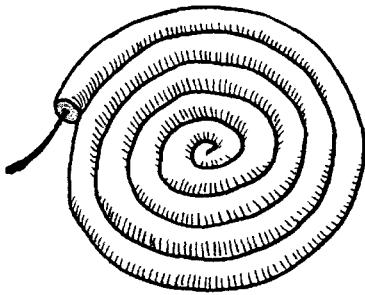


Вполне подойдёт торцевая фреза, развёртка, зенковка или, наконец, сверло большого диаметра. Сплющенная гильза принимает вид дуги с приподнятыми концами и мелкими рубчиками по одной стороне. Она без особых затруднений сворачивается в плоскую спираль. Трубку промазывают клейстером по рубцу и скручивают на деревянный кружок диаметром около 3 см, толщиной сопоставимой с гильзой и отверстием посередине. Чтобы изделие не развернулось, его перевязывают ниткой крест-накрест или даже обклеивают полосками картона.

нений сворачивается в плоскую спираль. Трубку промазывают клейстером по рубцу и скручивают на деревянный кружок диаметром около 3 см, толщиной сопоставимой с гильзой и отверстием посередине. Чтобы изделие не развернулось, его перевязывают ниткой крест-накрест или даже обклеивают полосками картона.

Если нет желания связываться с деревянными катушками, сворачивают спираль с полой сердцевиной и приклеивают по центру кружок из плотной бумаги.

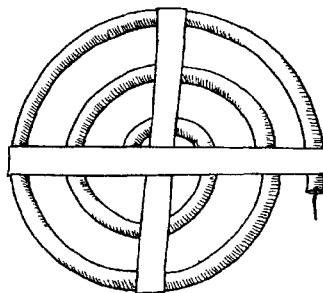
Готовое изделие протыкают по центру гвоздём и фиксируют к опоре. При этом шляпка оси должна слегка наклоняться к земле, чтобы лиусин не задевал крепление.



Для воспламенения лиусина конец трубы прожигают палильной свечой. Иногда перед употреблением торец гильзы аккуратно срезают. Можно это сделать заранее, вставив в готовое изделие кусок стопина и закрепив его пороховой подмазкой.

Иногда при горении такого колеса тонкие стенки гильзы прогорают, и огонь перескакивает через оборот. Чтобы избежать этого, делают бумажные стенки чуть толще либо при сворачивании спирали между слоями трубы вкладывают полоску серпантинна.

Есть разновидность лиусина – «американское солнце», в которой слои спирали не прикасаются друг к другу. Для этого прокатанную гильзу вкладывают в специальную форму, типа старой электроплитки без спирали, и склеивают двумя пересекающимися полосками картона.



## 27.9. Вращающиеся огненные композиции

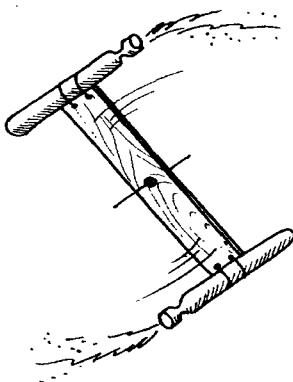
**Ф**олковый словарь С. И. Ожегова определяет слово «форс» как «хвастливое щегольство». Да и есть с чего зазнаться: без него композиции фейерверков вращаться не будут.

Вначале познакомимся с **вертикально вращающимися фигурами**.

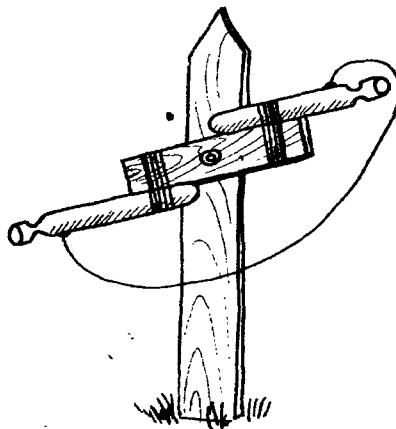
Самая простая из них — **вертун**. Эта фигура очень напоминает саксонское солнце, только готовится из двух гильз. Шейки форсов забиваются бумажными пробками, а в снаряжённых гильзах просверливаются боковые отверстия диаметром в  $1/3$  калибра до горючего состава. Сопла формируют в противоположные стороны, что создаёт вращательный момент при воспламенении фигуры.



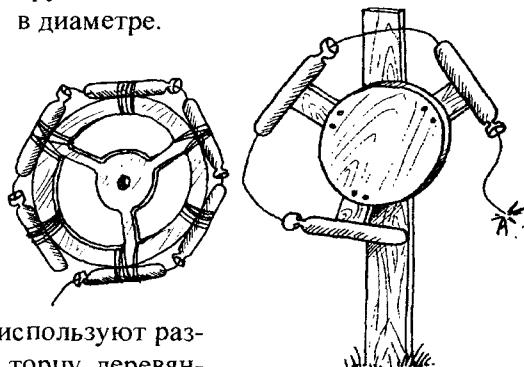
Такое красивое изделие подобно саксонскому солнцу имеет как минимум два недостатка: импровизированные сопла быстро прогорают, изменяя силу вращения, кроме того, стопин легче крепить к шейке гильзы, чем к неглубокому боковому отверстию.



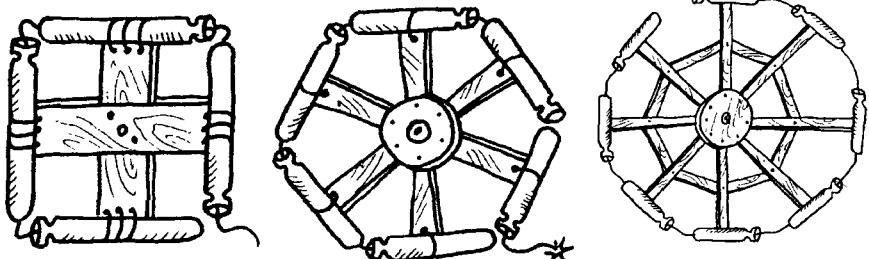
Чтобы вращение фигуры было продолжительным, устанавливают последовательно несколько форсов. Для их крепления используют различные приёмы. Можно к торцу деревян-



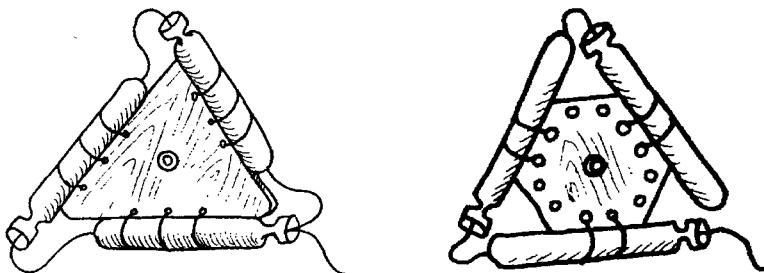
Этих недостатков позволяют избежать «штанговые колёса». В качестве поперечной штанги применяют деревянную рейку с отверстием посередине. Такие фигуры могут отличаться огромными размерами, создавая огненные круги по 4-6 м в диаметре.



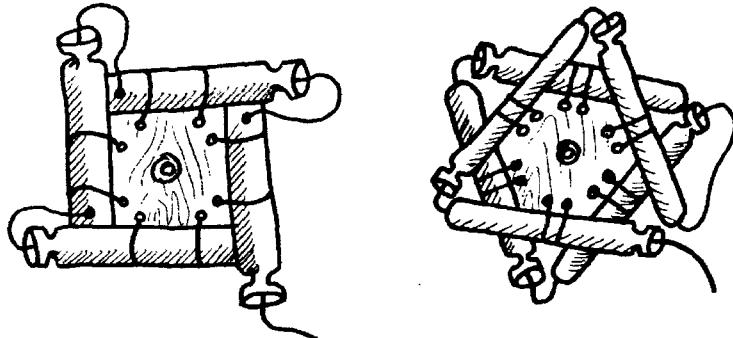
ногого круга с отверстием посередине приделать спицы и форсы крепить к ним перпендикулярно. Ещё лучше к спицам зафиксировать обруч с привязанными форсами.



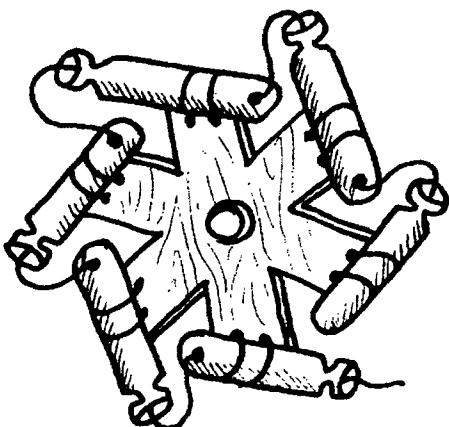
Вполне подойдут крестовины из нескольких сбитых реек, с фанерными накладками по центру. Причём, если диаметр такого колеса большой, то спицы лучше укрепить поперечными планками.



Для сравнительно небольших изделий хорошо зарекомендовали себя деревянные вставки с отверстиями для фиксации форсов.



Можно использовать и более замысловатые подставки, которые позволяют отклонять шлейф искристого огня от траектории движения.

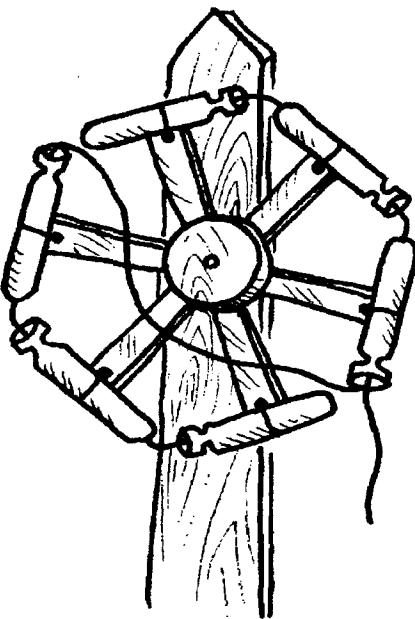


Обычно, чтобы большая фигура быстрее пришла в движение, первые гильзы снаряжают сильными крупноискристыми угольными составами типа 1577-1580. Следом ставят полубриллиантовые (к примеру, сост. 1581) и заканчивают, как правило, яркими форсами бриллиантового огня (сост. 1582- 1591). В промежутке

между ними можно использовать фонтанные смеси двойного огня (например, сост. 1501, 1506, 1511, 1519 и более сильные сост. 1574-1576, 1594-1596).

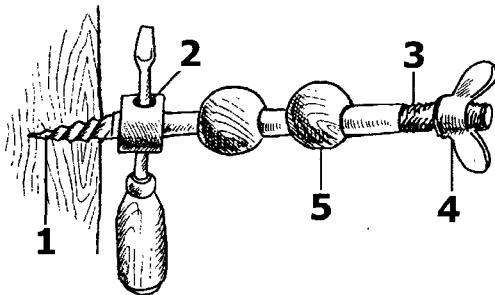
Многофорсовые фигуры особенно больших размеров для лучшей балансировки при выгорании составов удобнее поджигать с противоположных от центра сторон так, чтобы в движении были задействованы как минимум две гильзы.

Иногда случается, что парные гильзы сгорают не одновременно и это производит неприглядное зрелище. Чтобы элементы такого колеса потухли одновременно в последние форсы, ближе к пробке, досыпают зернистого пороха и соединяют между



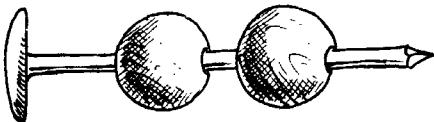
собой дополнительным огневым приводом. Выстрелы с интервалом в несколько секунд потушат недогоревшие гильзы и украсят шумом фейерверк.

На одной оси может вращаться сразу несколько колёс, а чтобы

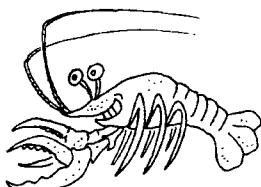


вой гайкой (4) и несколько свободно насаженных шариков с отверстием (5).

В качестве крепления вполне подойдёт шиферный гвоздь с несколькими надетыми на него деревянными шариками от массажора. Они позволяют развести фигуры, чтобы те не зацевали друг друга при движении.



Если двойные форсовые колёса медленно вращаются в противоположные стороны, то создаётся впечатление, что расползаются несколько раков,



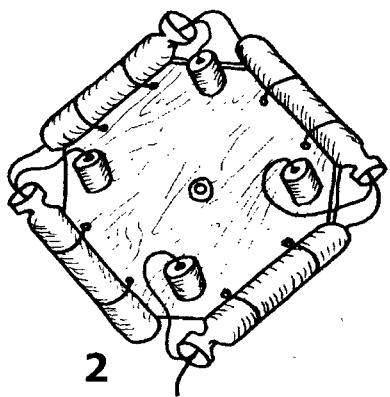
поэтому такая фигура и получила название **«раковое колесо»**. Наиболее подходящий размер для неё 1,5-2 м, а форсы привязываются под углом 45-60° к радиусу движения.



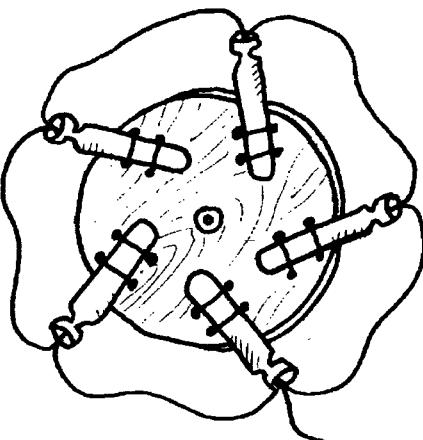
Возможно, в первый раз Ваши составы окажутся сильнее ожидаемых и «раков» Вы сразу не заметите... Не расстраивайтесь: от быстрого вращения и беспрерывно пересекающихся огненных лент получается не менее красивое подобие фантастического **«цветка»**, поэтому не спешите при гостях давать названия своим шедеврам.

Прекрасно смотрится «медленновращающаяся лучистая звезда», изготовленная на деревянном круге. Форсы для неё фиксируются с отклонением от радиуса всего на 5°. Столь малый вращающий момент определяет низкую скорость движения фигуры, которая вместо сплошного кольца огня выбрасывает искристые лучи. Все пять гильз этой «звезды» воспламеняются одновременно. Для большей продолжительности горения устраивают вторую перемену фонтанов, которые крепятся по другую сторону деревянного диска и воспламеняются после выгорания первой композиции.

Для демонстрации иногда используют две такие «лучистые звезды», вращающиеся на одной оси в противоположные стороны. Середину переднего диска можно украсить фигурными свечками. Пересекающиеся огненные лучи, переходящие в спираль, наделяют это изделие магическим содержанием.



Чтобы каждая свеча воспламенялась одновременно со своим фор-



Замечательно смотрится «двойное огненное колесо с ядром». Для приготовления этой старинной фигуры к деревянному основанию более удалённого от наблюдателя огненного колеса (2) с четырьмя последовательными форсами устанавливают между ними четыре коротких свечи длиной в 3-4 см с ярким пламенным составом. Стопин подсоединяют таким образом,

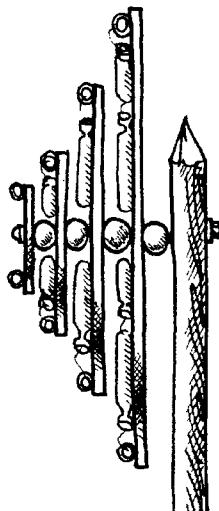
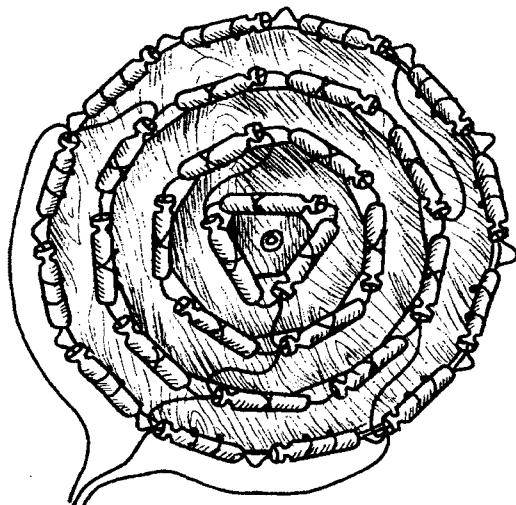
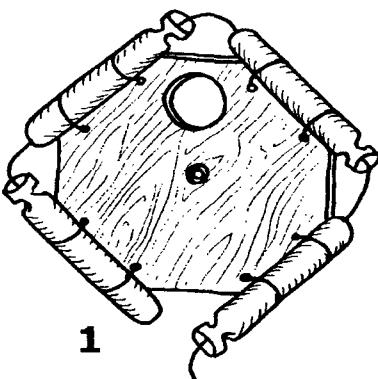
сом. В диске переднего колеса (1) на уровне свечей делается отверстие диаметром 6-10 см. Расстояние между вращающимися на общей оси пластинами колёс должно составлять около 8 см.

Когда оба колеса одновременно воспламеняются, при быстром движении создаётся иллюзия, что ярко пылающее ядро медленно вращается в середине неподвижного солнца из искристого огня.

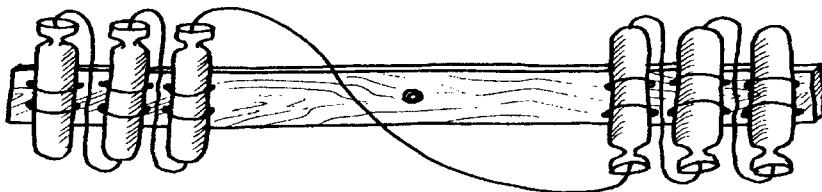
По законам иллюзиона яркое пятно перемещается из-за разности скоростей вращения колёс, а если случайно загорятся две свечи, то и «ядер» станет вдвое больше.

 || Легко понять, что это обман, но не сразу можно догадаться, что он оптический.

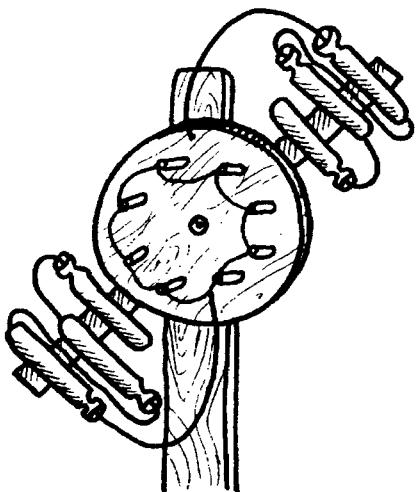
Можете себе представить 3-4 вращающихся огненных колеса на одной оси? А если их 5 или 6... Правильно! И не пытайтесь. Лучше это один раз увидеть, чтобы запомнить до конца жизни.



Соберите большое огненное колесо с 12 форсами, сгорающими в 3 перемены, то есть, по 4 гильзы и насадите его на ось первым. Следом через деревянный шарик наденьте колесо поменьше с 9 форсами, горящими по 3 гильзы в 3 перемены. За ним закрепите шестигранное колесо с двумя тройками форсов. И закончите пирамиду свободно вращающимся трёхгранником с тремя последовательно связанными форсами. Свяжите гильзы всех четырёх колёс единым стопином. Отойдите подальше от сеновала или соломенной крыши и можете поджигать. В следующий раз, чтобы не повторяться, часть колёс можно направить вращаться в противоположную сторону.



**Штанговые колёса**, описанные в начале раздела, позволяют достичь ещё большего разнообразия. Прежде всего, они более удобны для создания многопеременных («долгоиграющих») фигур. Кроме того, их легче балансировать. А главное, на них уходит значительно меньше строительных материалов и поэтому они легче.



Для создания «разноцветных вращающихся огненных кругов» к деревянной рейке длиной в 1,5-2 м крепят фанерный круг диаметром 70-90 см с центральным отверстием для оси. На концах планки перпендикулярно фиксируют по 3 форса. Причём, последнюю пару, снаряжённую бриллиантовым составом со шлагом в конце, укреплённую по меньшему радиусу, ориентируют в противоположную сторону для тор-

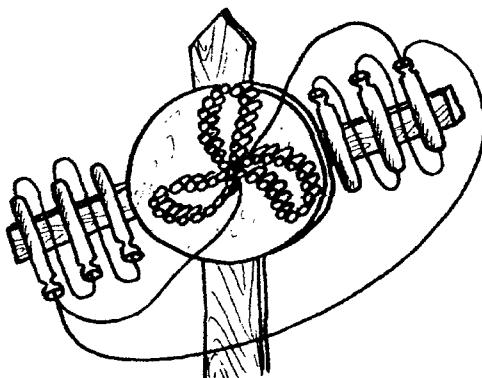
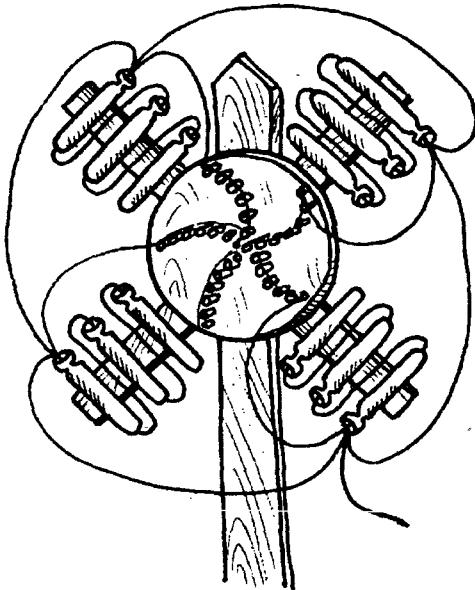
можения вращения. К фанерному кругу, выкрашенному чёрной краской, крепят три ряда разноцветных свечей. Для воспламенения все элементы связывают единым стопином. При быстром вращении горящие свечи сливаются в цветные кольца внутри огненного круга.

Расположив свечи центрального диска лучеобразно по спирали, Вы сможете без усилий ввести в транс своих гостей не хуже заправского гипнотизёра. Во время вращения «огненная спираль» создаёт иллюзию притягивания взгляда в центр фигуры, что постепенно приводит к торможению коры головного мозга.



|| В этот момент удобно подписать любой ценный документ или попросить взаймы денег. Только не перепутайте направление вращения, а то Вам могут отказать.

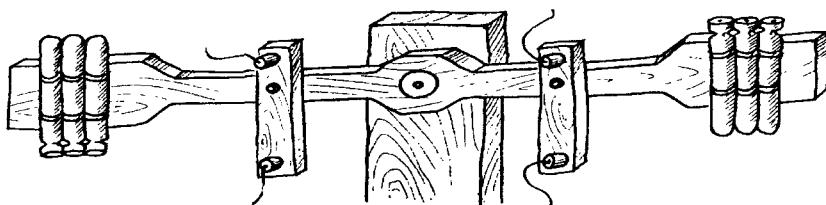
Вместо ввинчивающейся спирали можно изобразить на штанговом колесе «пропеллер» из контурных свечек, тем более что некоторые зрители всё равно увидят в нём сросшиеся «рога изобилия».



Из двух штанговых колёс, насаженных на общую ось, легко соорудить грандиозную «двойную мельницу». Для большего эффекта на обеих перекладинах можно установить под углом 45° к центру 4 фонтана с «фарфоровой» (сост. 1471, 1472) или «свинцовой» начинкой (сост. 1061, 1066, 1068). Это создаст нежное мелкоисристое сияние внутри огненного кольца.

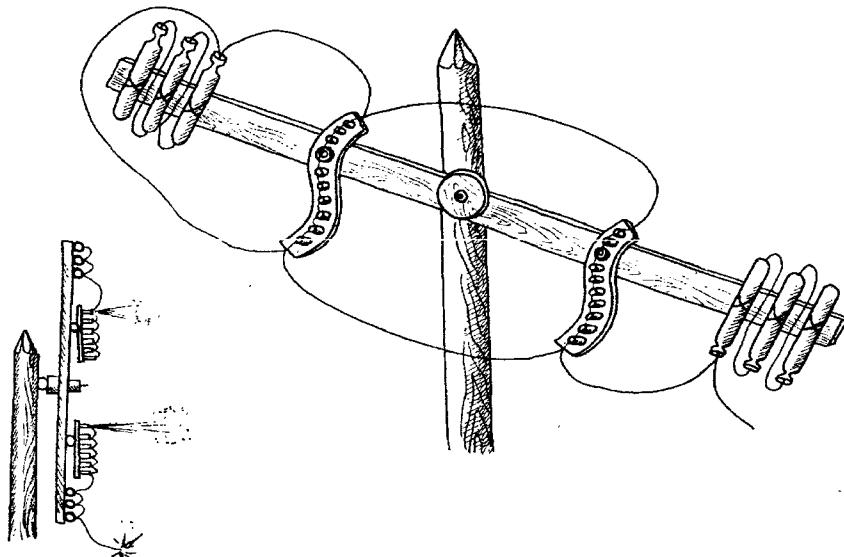


Штанговые колёса нетрудно усложнить, вводя простые элементы эксцентрики. Например, если на перекладину повесить две свободно вращающиеся планки так, чтобы их оси легли не по центру, а со смещением на 1/3 длины и зафиксировать на их концах свечки с ярким пламенным составом, то в ходе горения фигуры внутри огненного кольца Вашему взгляду предстанут сменяющиеся эксцентрические круги цветного пламени.



Чтобы эта фигура работала хорошо, не увлекайтесь сильными форсовыми составами. При слишком большой скорости движения малые планки не успевают уравновешиваться в вертикальном положении, и внутренние огненные круги приобретают менее привлекательную правильную форму.

Если немного поколдовать и вместо ровных навесных планок выпилить два фанерных доллара или изображения буквы «S», украсить их рядом фигурных свечей и свободно подвесить со смещением центра тяжести так, чтобы при оборачивании вокруг оси они не задевали форсы, то при вращении такого колеса создаётся иллюзия извивающихся огненных змей.



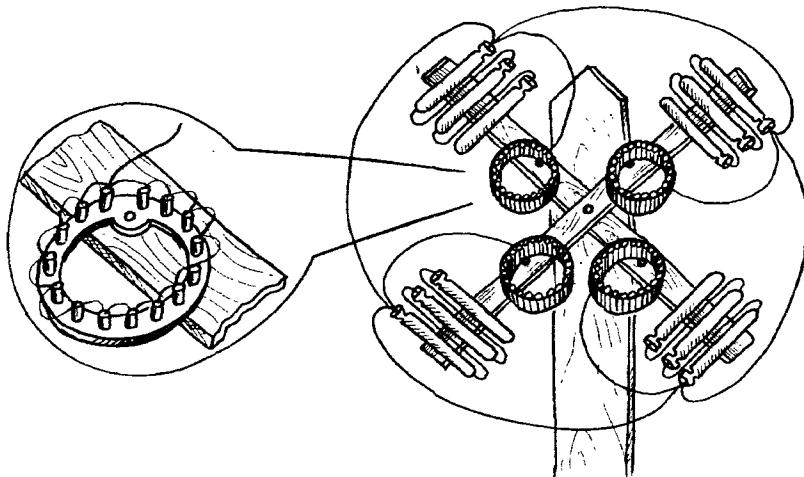
Наиболее правильное название этого древнего элемента фейерверков – **«мельничное колесо с жезлами Меркурия»**.



Оно и понятно: кому больше повезло в бизнесе – мифический бог торговли ассоциируется с долларами, а кому меньше – с ядовитыми змеями.

Оригинальной разновидностью **мельницы** является **«огнениое колесо с подвижными венками»**. В качестве венков используют фанерные кольца, украшенные контурными свечами. Кольца крепят

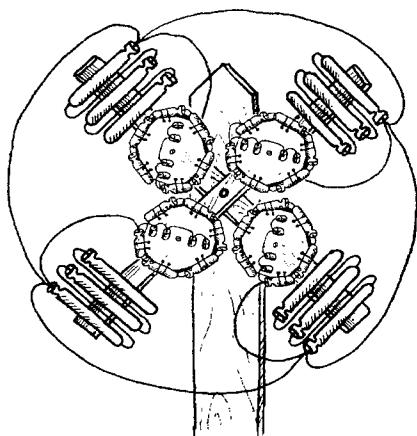
за одну сторону к штангам мельницы так, чтобы была возможность свободного вращения, а между ними на ось вставляют разъединительные деревянные шарики.



Подбор окраски пламени свечей в этой фигуре дело индивидуальное, но лучше использовать свечи только двух цветов, например, украсить два кольца в красный цвет и по диагонали к ним в зелёный или фиолетовый.

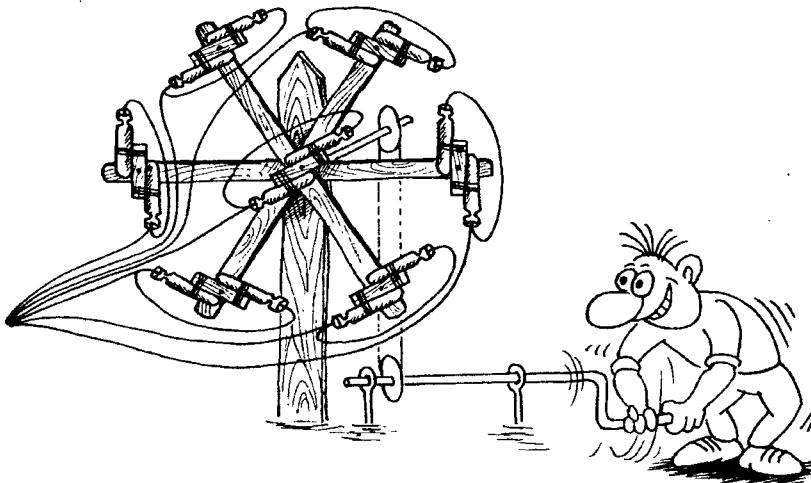
При поворотах крыльев такой мельницы кажется, что разноцветные огненные венки попеременно причудливо то опускаются,

то поднимаются внутри кольца пламени. Неискушённый зритель может подумать, что их двигают руками, по меньшей мере, несколько ассистентов.

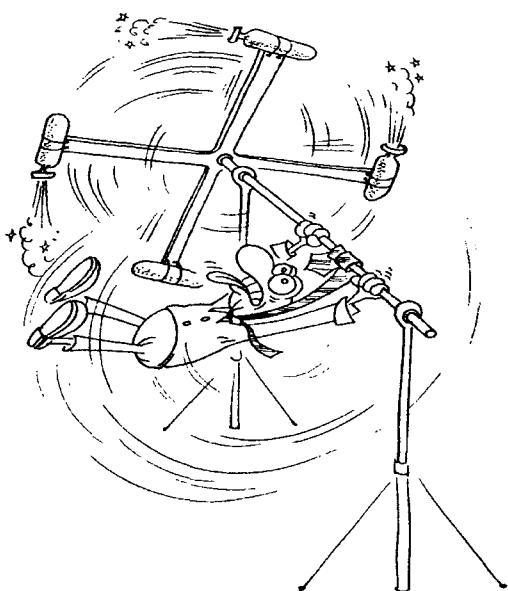


Если вместо подобных венков использовать 4 вращающихся солнца, оснащённых шестью форсами в 3 перемены и дополнительно украшенных многоцветными свечами, то создаётся грандиозная

картина, в которой огненные вихри опускаются и поднимаются в кругообразной струе искристого пламени.

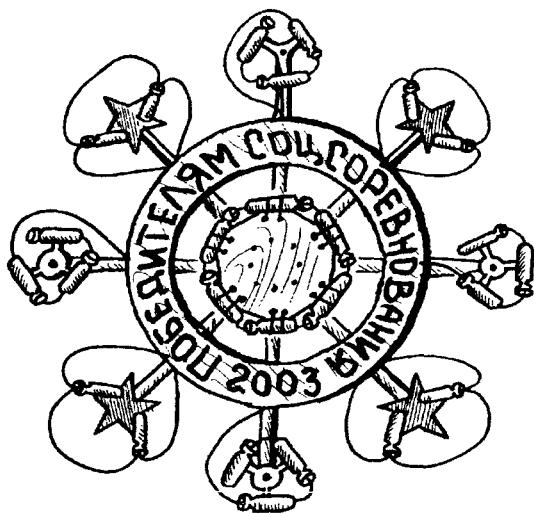


Видеть розы всегда приятно, а когда их сезон ещё не наступил – тем более. Из трёх длинных планок сбивают шестиконечную звезду с равными лучами. На их концах и в центре размещают семь вертушек или китайских колёс с самостоятельным стопиновым приводом. Такая огненная «розетка» при горении очень напоминает «пылающую розу», особенно если для начинки не применять составы зелёного или фиолетового пламени. Беда лишь в том, что вертуны не имеют перемен, и удовольствие от этой горящей фигуры длится не долго.



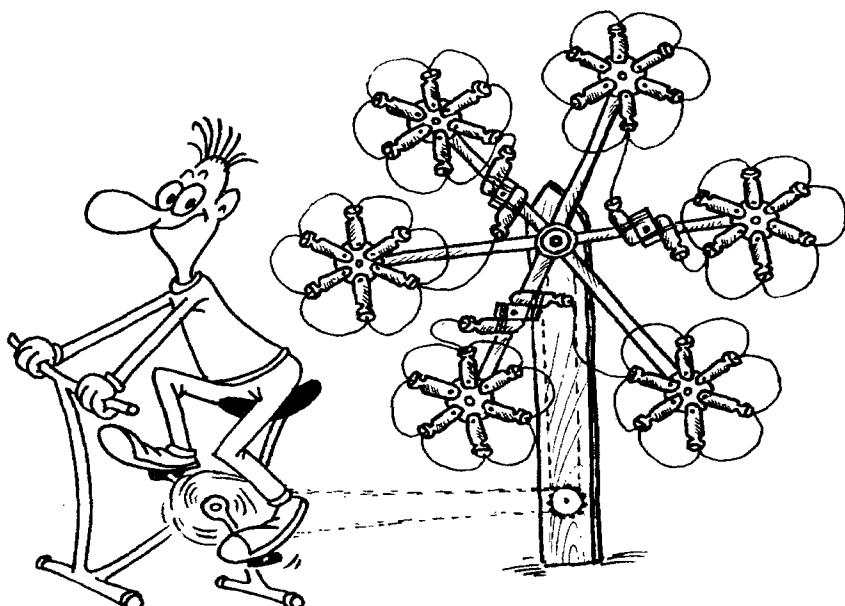
К сожалению, большая масса этой фигуры не позволяет раскрутить её с помощью форсов целиком. Однако эта задача частично решается в следующей грандиозной фигуре, которую за внушительные размеры (до 7 м) в своё время называли «чудовищным колесом», хотя к ней вполне подойдёт более точное название «огненный штурвал».

К середине восьмиконечной звезды крепится подвижный диск огненного колеса с 12 форсами, горящими по 3, то есть, в 4 перемены. На центральном колесе и неподвижном фанерном кольце устанавливают гирлянды из контурных свечей или лозунги приветствия.

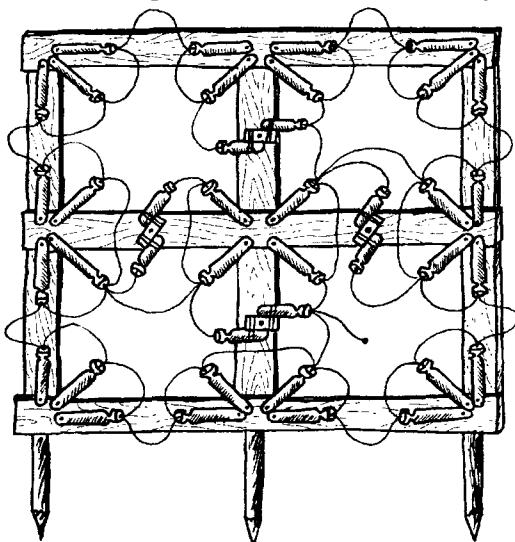


Через сложный огнепровод вначале воспламеняется большое огненное колесо и свечи на нём. По выгоранию трёх форсов первой перемены, загорается разноцветная гирлянда из свечей, за ней 4 солнца и контурные свечи четырёх пятиконечных звёзд на концах планок. После сгорания первых гильз малых солнц на звёздах воспламеняются по два неподвижных фонтана, что совпадает с возгоранием форсов бриллиантового огня центрального колеса. Для синхронного горения свечи этого колеса должны быть длиннее остальных, так как они воспламеняются первыми.

При желании «розу» или «цветок с вертунами» несложно трансформировать в потрясающий **огненный букет**. Достаточно по периметру дорастить розетку шестиконечными звёздами из фонтанов, украшенными разноцветными свечами. Для лучшего «оттенения» пламени вертуны снаряжают угольным искристым составом типа 1577-1580, а фонтаны звёзд – полубриллиантовыми смесями 1484 или 1551.



Если из форсов, фонтанов, свечей и серного фитиля собрать «мозаику» или как её ещё называют «решётчатый огонь», то лучшей бутафорской декорации к фильму «Новый армагидон», пожалуй, и не придумаешь. Цвет пламени вертунов должен отличаться от остальной массы огня. А чтобы картина действительно не напоминала «конец света», расположите элементы так, чтобы струи их искристого огня не перекрывали друг друга, превращая фигуру в сплошную масу дикого пламени.





Чтобы отличить **горизонтальные** огненные колёса от **вертикальных**, большого ума не надо, достаточно к ним присмотреться, но при этом, главное, самому стоять ровно.

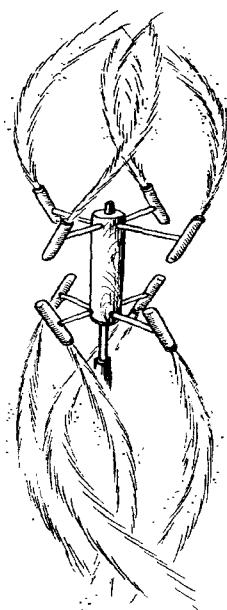


Как выглядит молекула ДНК Вы ещё не забыли? Для получения такой винтовой ленты из огненных спиралей достаточно Вашего «**каприза**». Да-да, именно так называется фигура, украсившая лучшие фейерверки Лувра и Петергофа.

Они бывают «**двойные**», «**тройные**», «**тихие**» и даже «**бегущие**». Весь прибор состоит из деревянной ступицы, усаженной спицами с подвижными фонтанами. Верхний торец полой втулки забивается жестяной крышкой и насаживается на острый вертикальный стержень, выполняющий роль оси. Огненные струи форсов направлены вверх и вниз с небольшим отклонением, что создаёт врачательный момент, и искристый шлейф пламени как бы свинчивается с прибора. В некоторых конструкциях «**капризов**» часть гильз устанавливается горизонтально для устойчивого вращения и ещё большего распыления огня.

Можно заставить гореть эту фигуру в несколько перемен, причём, для лучшей балансировки сжигают по-

Их арсенал также весьма впечатляющий, а при желании его можно ещё разнообразить вышеописанными фигурами, перевернув ось их вращения на 90° и закрепив её сверху опоры.

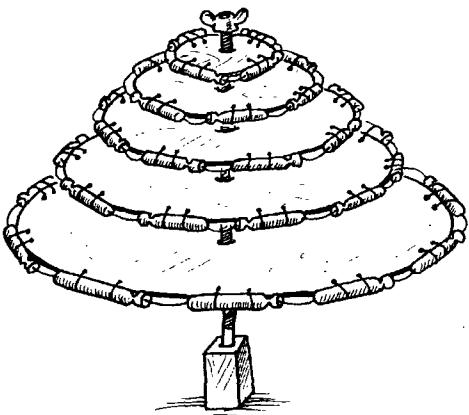
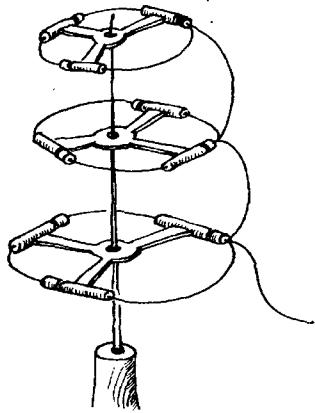


парно противоположные форсы. Наиболее удачными составами для них являются бриллиантовые форсовые смеси. Готовый каприз можно украсить, водрузив на его вершину искристый фонтан или фальшфейер.

Этот «вращающийся водопад» из искристого огня смотрится

даже лучше настоящего. Для его приготовления достаточно на вертикальный металлический стержень одеть несколько вертунов и зафиксировать их на расстоянии

20-30 см друг от друга специальными муфтами с винтами. Для облегчения вращения можно вставить между ними деревянные шары. Если вертунов больше двух, лучше чтобы они через один вращались в противоположные стороны.



Наиболее удачно для имитации воды подходят составы голубого огня 1576, 1594-1596. Чтобы такой фонтан «работал» подольше, иногда используют огненные круги с несколькими перменами форсов. Переливающиеся струи такого ниспадающего огня способны украсить даже самый изысканный фейерверк.

Также гильзы форсов можно снаряжать любыми другими искристыми составами и тогда этой фигуре подойдёт название «вращающийся каскад». А если для снаряжения использовать смеси

зелёного огня (например, сост. 1510) или букеты с зелёными звёздками, изделие вполне пройдёт за новогоднюю ёлку.

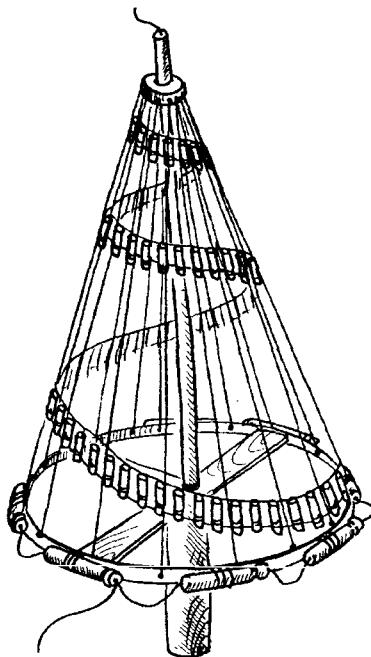
Представьте себе пиротехническую фигуру, на которой невозможно зафиксировать взгляд – он всё время убегает к её вершине. Именно так ведёт себя «магическая спираль», свёрнутая в виде «огненного конуса».

Основанием такой «вращающейся пирамиды» служит огненное колесо. К нему крепятся узкие деревянные рейки (можно использовать ненужные оконные штапики или ровные хворостинки из сухой лозы). Сверху примотайте их к полиэтиленовой пробке от шампанского или к распиленной катушке от ниток с забитым жестью верхом. Они выполнят роль втулки. Достаточно переплести такой конус лозой по спирали, закрепить на ней контурные свечи, завести стопин и фигура готова – остаётся только посадить её на стержень.

Можно обвить конус полосой плотной бумаги, обработанной огнеупорным составом. А к ней подклейть свечи.

Если терпение позволяет, заведите вторую спираль, начиная скручивать её с противоположной стороны. Оба ряда украсьте однородными свечами, к примеру, зелёными и красными. А на вершине конуса водрузите фонтан. Свечи подберите такой длины, чтобы их хватило на 3 перемены форсов, и можете поджигать. Чтобы фигура служила дольше, в пробку от шампанского на счастье вставьте двухкопеечную монетку.

После изготовления этой фигуры Вы запросто сможете подрабатывать производством клеток для попугаев. Конечно, процедуру

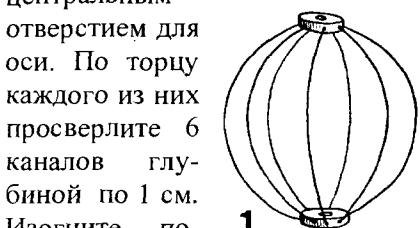


можно упростить, особенно, если в школе Вы были не в ладах с географией, и использовать старый глобус, вырезав в нём отверстия. Остальным же читателям придётся потрудиться.

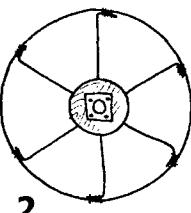
Для изготовления «огненного глобуса» понадобится 3 одинаковых деревянных кружка (втулки и ступицы) диаметром 5-6 см с центральным отверстием для оси. По торцу каждого из них просверлите 6 каналов глубиной по 1 см. Изогните по лукругом 6 кусков сталистой проволоки метровой длины и толщиной в несколько миллиметров. Вставьте их в каналы двух ступиц так, чтобы образовался шар (1). К третьей ступице прибейте жестянку, чтобы закрыть отверстие и вставьте спицы из проволоки длиной в 35 см. Из двухметровой проволоки сверните кольцо и примотайте его к шестиконечной звёздочке (2). Вставьте это колесо в глобус по «экватору» (3) и зафиксируйте тонкой проволокой. Вы

режьте из плотного картона 3 эллипса размером чуть больше про- света между соседними меридианами. Выкрасите их лицевую сто- рону в чёрный, а изнанку в голубой цвет, обработайте огнеупорным составом 818 или 819 и укрепите к обручам, оставляя равномерные просветы. Снаружи зафиксируйте на стенках по 3 последовательно воспламеняемых форса с составом типа 1594-1596. Внутри шара установите свечи голубого огня, а сверху – букет с синими звёздка- ми. Изделие насаживается средней ступицей на ось (4).

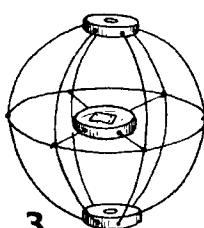
При воспламенении быстрорращающаяся фигура очень напо- минает нашу голубую планету из космоса, разумеется, тем, кто её оттуда видел.



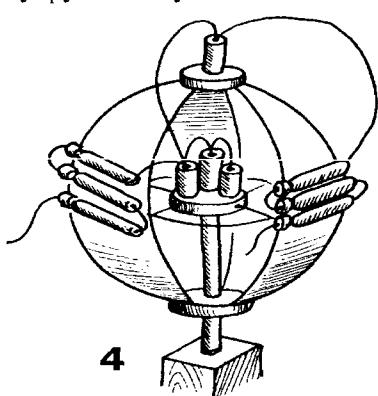
1



2



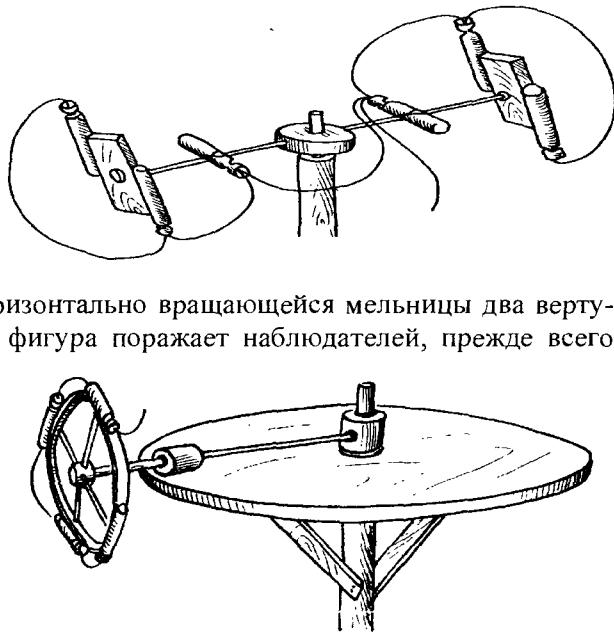
3



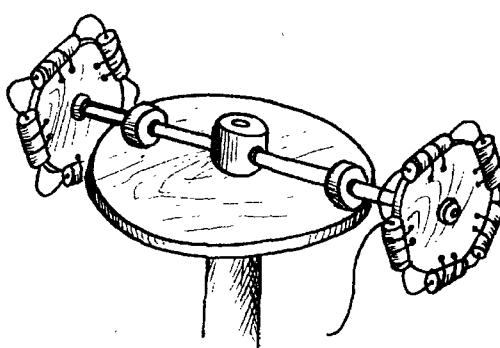
4

Бегуны «бегунам» рознь. Хорошо, если запасное колесо - это колесо Фортуны, ведь тогда мы сможем заставить крутиться наши адские машины сразу во всех плоскостях.

Проще всего это сделать, укрепив на торцах горизонтально вращающейся мельницы два вертуна. Такая нехитрая фигура поражает наблюдателей, прежде всего



своей оригинальностью. Если она Вам понравится, то чтобы продлить её вращение, установите на мельницу дополнительные форсы, а вместо вертунов укрепите многопеременные колёса.



Удлинив ступицу вращающегося колеса и поставив её на деревянную опору, легко заставить огненную фигуру кататься по кругу. Такие «бегуны» бывают простые, двойные и даже тройные, а по расположению одно-, двух- и многоярусные.

В процессе горения фигура очень забавна – кажется, что одно колесо гонится за другим. Можно, не рискуя, делать ставки.

## Глава 28. Слово не воробей – вылетишь в два счёта

### 28.1. Часы истории с боем

**И**стория выстреливаемых пиротехнических фигур началась очень давно, одновременно с развитием огнестрельного оружия.

Что такое **артиллерия**, сегодня знает каждый, а то, что ещё в XVI в её называли «огнестрельным или большим снарядом», догадываются далеко не все.



Кстати,unter-офицеры артиллерии императорской русской армии назывались «**фейерверкерами**». До недавнего времени такое же звание присваивалось старшим подофицерам польских ракетных войск и артиллерии.

С открытием греческого огня и дымного пороха на смену каменным ядрам пришли **зажигательные снаряды**, выбрасываемые метательными машинами. «**Бартабы**» - стеклянные шары и глиняные кувшины с «огненным составом» положили начало **ручным гранатам**.

«**Бомбами**» первоначально называли стрелы, обмотанные паклей и пропитанные зажигательными смесями. Позднее так окрестили сосуды со взрывчатыми веществами на двухколёсных повозках, управляемых воинами-смертниками. Более мелкие бомбы для метательных целей появились позже, при чём, в Древнем Китае их прозвали «чёрными драконами».

Первые крупные огнестрельные орудия, стрелявшие огромными каменными ядрами для разрушения крепостных стен, назывались «**бомбардами**», а обслужива-



ли их «боги войны» – «бомбардиры».

К XIV в. наиболее развитая «артиллерия» была у мавров. Именно им принадлежит первенство в разработке железных, а позже медных и даже свинцовых ядер.

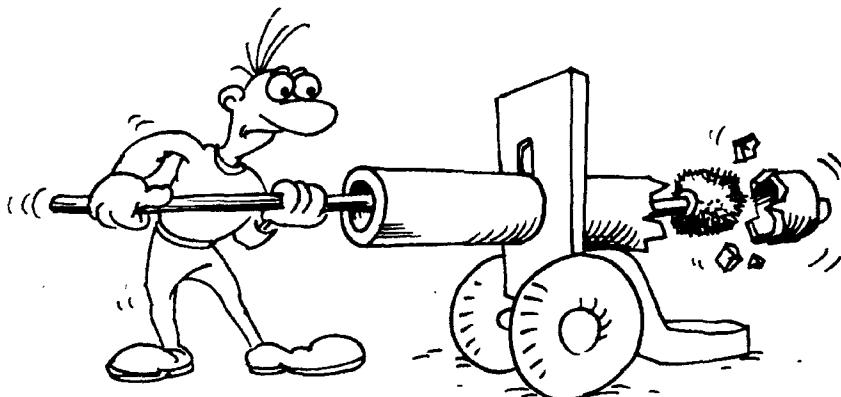
Примерно в этот же период появились первые ручные пушки (**ружья**) с медными, а позже железными стволами и малым отверстием со стороны приклада для поджигания пороха.

Уже к 1425 г к их ложу стали крепить горящий фитиль, облегчающий стрельбу. Такие ружья получили название **«мушкетов»**.

Усовершенствование ружейного приклада для удобства прицеливания привело к разработке **«аркебуз»**.

В 1515 г был изобретен колёсный замок, позволяющий высекать искры из кремня. Принцип действия таких **«кремниевых ружей»** просуществовал до сороковых годов XIX в.

С изобретением **мортир** (старинных короткоствольных орудий чаще навесного огня) появляется **картечь**, состоящая из камней, пуль и прочего металломолота. Её укладывали в мешки, корзины или просто засыпали в ствол до дульного среза.



К XV в. ядра стали отливать из чугуна. При стрельбе по деревянным постройкам и судам иногда их предварительно прожигали докрасна на жаровнях (**«калённые ядра»**), а в канале орудия отделяли от порохового заряда мокрыми пыжами.

В то же время появились **«светящиеся снаряды с железным сердечником»**.

С XIV в. стали применяться первые **пистолеты**, а для снаряжения пушек ручные гранаты с зажигательными составами. Поначалу гранаты имели вид «фонарёй» и выполнялись из железных полос или состояли из двух медных полусфер.

Им на смену в XVII в. пришли гранаты с воспламенительными трубками, которые поджигали в канале орудия перед выстрелом (**«стрельба с двойным огнём»**).

Первые **картечные гранаты** были предложены в 1800 г. шведским изобретателем Нейманом.

Через 3 года англичанин Шрапнель (1803) усовершенствовал эту систему, введя в снаряд ударную, а позже дистанционную трубку и новый вид картечи – **диафрагменную шрапнель**.

Гранаты и бомбы (весом более пуда) вкладывались в канал орудий дистанционными трубками внутрь, а чтобы зафиксировать их в таком положении, применялись специальные деревянные поддоны – «шпигли» или верёвочные венки. Замедлительное устройство воспламенялось пороховыми газами при выстреле.

Дальнейшее развитие российских зажигательных артиллерийских боеприпасов привело к созданию **брандкугелей** – чугунных пустотелых бомб весом до 5 пудов, набитых составом из пороховой мякоти, селитры, серы, антимония, сала, воска, скапидара и шерсти, который горит даже в воде.

Для освещения позиций неприятеля некоторое время применялись **саксонские ядра**, включающие шарики из белого бенгальского огня на основе селитры, серы и антимония.

**Шаровые светящиеся ядра** представляли тестообразную лепёшку из бенгальского огня с повышенным содержанием переплавленной пластической серы в двух железных полусферах.

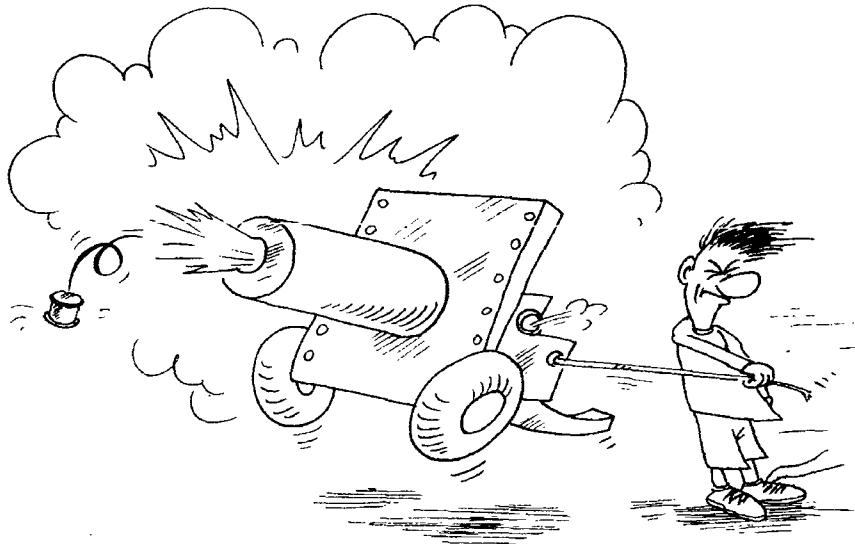
**Осветительные ядра генерала Рейнталя** состояли из двух чугунных картечных поддонов, между которыми вкладывался мешок со светящимися звёздками.

Совершенствование **ручных гранат** отечественной крепостной артиллерии привело к появлению трёхфунтовых сферических изделий, снабжённых замедлительными трубками с особым тёрочным приспособлением. Петля от такой тёрки цеплялась за кожаный браслет, застёгнутый на руке, а остальное зависело от живучести бросающего.

В 1807 г. была изобретена «ударная» система воспламенения оружейного пороха, действующая на капсюль с детонирующим составом.

К сожалению, гладкоствольные орудия (**мортиры и единороги**) не обеспечивали достаточную точность стрельбы. Изобретатели как могли, боролись с этим недостатком, пытаясь придать сферическим ядрам контролируемое вращение.

Так, в орудиях устраивались **эксцентрические камеры** для зарядов, чтобы сильнее воздействовать на нижнюю половину ядра. Употребляли «регулированные» ядра с «**эксцентрической пустотой**», вставляя их в орудие в перевёрнутом виде, чтобы центр тяжести оказывался в верхней части снаряда.



Знаменитый граф-изобретатель С. Роберто даже создал **пушку с кривым каналом**, изогнутым книзу. Его орудия стреляли при плюснутыми ядрами, которые вследствие большего трения о верхнюю стенку ствольного канала приобретали характерное вращение.

Индивидуальное стрелковое оружие развивалось быстрее и первые ружья с винтовым нарезом канала ствола стали появляться уже в начале XVI в. (**винтовальные пищали**). Им на смену пришли штуцеры, а с 1856 г. – **винтовки**.

Впервые продолговатые снаряды для пушки с нарезным стволов предложил в 1845 г. итальянский артиллерист Кавалли.

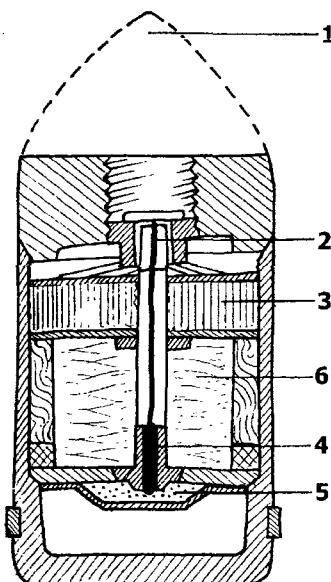
Поначалу нарезные орудия заряжались через дуло, а на поверхности снарядов располагались несколько рядов цинковых выступов, которые вводили в нарезы ствола. Подобные конструкции имели большой зазор и быстро прогорали, поэтому в дальнейшем снаряды стали вводить со стороны казны орудий.

Более удачные виды снарядов имели свинцовые, а позже медные пояса.



Осевое вращение снаряда при всех преимуществах также вызывало некоторое постоянное отклонение (деривацию), что учитывалось при стрельбе. Аналогичный принцип конструкции сохранился в артиллерию до сегодняшнего дня.

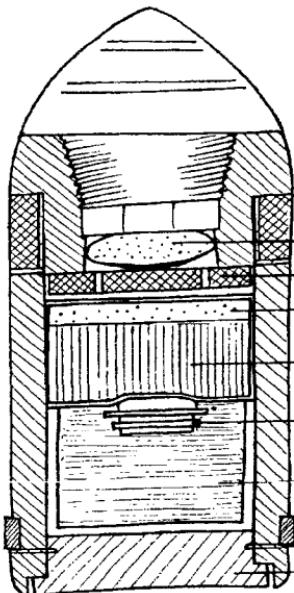
Многие страны в качестве осветительных и сигнальных средств дальнего действия используют пиротехнические снаряды, которые по конструкции бывают однозвёздчатые и многоэлементные, в том числе и парашютные, с отстрелом через головную и донную часть.



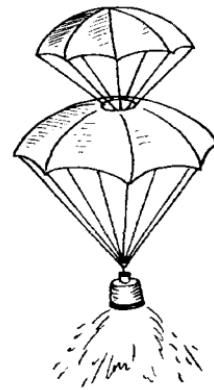
Обычное время горения такой звёздки около 30 с, а с парашютом – до минуты. Причём, сила их света составляет до 200000 свечей, а радиус освещения 500 м. Многозвёздчатые снаряды содержат до нескольких десятков таких элементов.

Парашютные осветительные двухзвёздчатые 152-мм снаряды системы Погребнякова применялись ещё в сражениях возле озера Хасан. В нужной точке полёта такого снаряда огонь с дистанционной трубки (1) воспламенял стопин (2) и передавался звёздкам (3), а также замедлителю (4). Срабатывал вышибной заряд (5) и две звёздки массой по 550 г (3) с двойными парашютами (6) выстреливались через головную часть.

Двойной парашют применялся для повышения вероятности раскрытия, которая оставляла желать лучшего, поэтому на смену им пришли более надёжные осветительные снаряды, выбирающие снаряжение через донную часть.



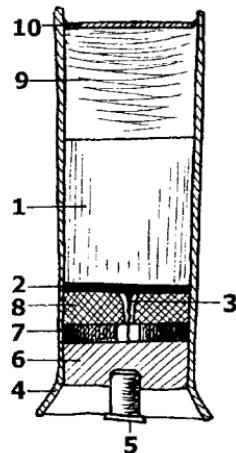
В таких системах обычно вышибной заряд из дымного пороха (1) заворачивается в легковоспламеняющуюся ткань и располагается над диафрагмой (2) с отверстиями для воспламенения пороховыми газами осветительной звёздки (3), покрытой воспламенительным составом (4). Парашют (5) к звёздке (3) крепится через свободно вращающийся карабин-вертлюжок (6), чтобы не путались стропы. При отстреле давлением газов срезается фиксатор (7) и металлическое дно снаряда (8) выпадает вместе с его содержимым.



В своё время в качестве средства ближнего действия активно использовались **26-мм осветительные и сигнальные патроны** для пистолета («ракетницы») 4-го калибра.

При стрельбе под углом 60° ярко светящаяся звёздка вылетает на высоту 120 м, горит 7 с, давая радиус освещения 100 м и силу света до 30000 свечей.

Строение такого патрона очень простое. Звёздка диаметром 24 мм и высотой 4 см из прессованного состава (1) с небольшим воспламенительным слоем (2) и нитью стопина (3)

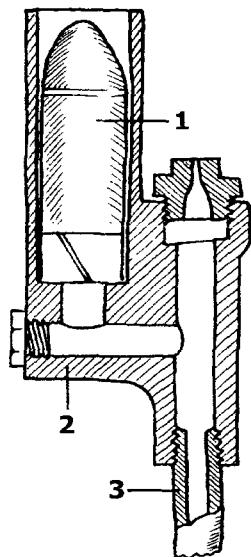


уложена в парафинированную гильзу с латунным основанием (4). Над капсюлем (5) засыпается 3 г зернёного дымного пороха (6), который закрывается картонным (7) и войлочным (8) пыжом с центральным каналом. Отверстие картонного пыжа (7) заклеивается марлевой сеточкой от высыпания пороха, а войлочный пыж (8) предохраняет звёздку от дробящего удара пороховых газов. Войлочная набивка (9) и картонный пыж (10) защищают элементы конструкции от смещения.

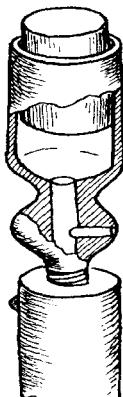
Сигнальными патронами стреляют из такой ракетницы под углом 90°, при этом высота подъёма цветной звёздки достигает 90 м, время её горения 6,5 с, а сила света не выше 10000 свечей. Ночью эти цветные сигналы видно на расстоянии до 7 км.

**Винтовочные гранаты под мортируку Дьякова** как пиротехническое средство ближнего действия появились на вооружении Красной Армии ещё до отечественной войны. Они представляли собой картонные цилиндры длиной 9 см, диаметром 4 см с обтекателем (1), заряженные осветительными либо цветными звёздками и выстреливались из специальной мортирки (2) длиной 33,5 см с нарезной резьбой, навинчивающейся на ствол винтовки (3). При выстреле с помощью холостого патрона под углом 50° дальность полёта такой осветительной гранаты около 230 м, время горения 7 с, а светосила 50000 свечей.

Сигнальные звёздки выстреливают под прямым углом, при этом высота подъёма сигналов доходит до 200 м, звёздка горит 10 с, а сигнал различим на расстоянии до 12 км.

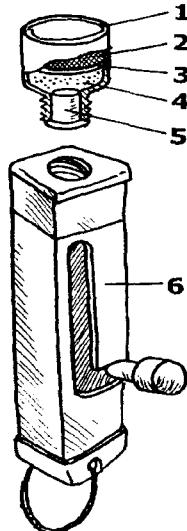


Обладатели современного газового оружия знают такую «мортирку» в более упрощённом виде. Металлический цилиндр с отверстием для выхода газов прикручивается к стволу газового пистолета, и позволяет производить выстрелы сигнальными звёздками диа-



метром 15 мм, которые пока свободно продаются в оружейных магазинах, но ещё легче их изготовить самому по типу помпфейерных, только без центрального канала.

Пожалуй, наиболее доступным на сегодня средством для запуска сигнальных огней, является простейшее приспособление из дюралевой (и даже пластмассовой) мортирки (1), снаряжённой звёздкой (2) с зажигательной подмазкой (3) и пороховым зарядом (4), воспламеняемым капсюлем типа «жавёло» (5) пружинным ударным механизмом (6).



## 28.2. Мортира или просто ступа

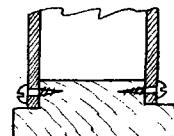
**Д**ля запуска пиротехнических изделий, представленных в этой главе применяются картонные пушки – прототип древних **мортир**. За ними даже сохранили это название. «Ступа» – так словно в переводе с латинского называли эти старинные жерлистые камерные орудия. Изобретённые в XV в. для навесной стрельбы, они отличались крупным калибром и очень коротким стволом длиной всего в 2-4 калибра. Такие пушки применяли, главным образом, для разрушения особопрочных оборонительных сооружений. При стрельбе их ствол поднимался под углом 50-75°.

Россия первая в мире ввела на вооружение полевой артиллерии нарезную 152-мм мортиру образца 1895 г. В СССР мощная 280-мм мортира Бр-5 появилась в войсках перед второй мировой войной (1939). Она обеспечивала дальность стрельбы на 10,7 км фугасными и бетонобойными снарядами массой 246 кг.

На вооружении современных армий мортиры не применяются, а их роль успешно выполняют миномёты и гаубицы.

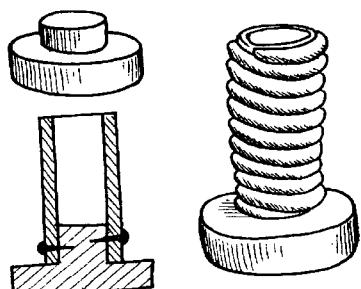


Картонную мортиру крупного калибра для запуска бураков и лейскугелей во избежание неприятностей придётся готовить очень тщательно. Обычный калибр таких гильз 8-20 см при длине 50-70 см. В качестве материала лучше всего подходит ватман или тонкий картон, которые предварительно промазывают и пропитывают обойным клеем с добавлением ПВА, а затем плотно накатывают на деревянный навойник, пока толщина стенок не составит 1-2,5 см. Для крупных



мортир лучше выточить деревянные поддоны, к цилиндрическому выступу которых гильзы прибиваются гвоздями. Такую мортиру лучше обмотать верёвкой и дополнительно промазать клеем.

Гильзы мелких калибров с одной стороны заминают с клеем и забивают глиной. Чтобы днище мортиры меньше выгорало на дно лучше дополнительно загнать несколько картонных пыжей и Ваша пушка готова.



### *28.3. Швермеры или огненные змейки*

Kто хоть раз видел приличный фейерверк, наверняка помнит величественную картину, как по ночному небу зигзагами, подобно мелким молниям разбегаются яркие огоньки, описывая волнистые огненные линии. Это **швермеры** или **змейки**, а наши предки за весёлый и непредсказуемый нрав даже прозвали их «**шутихами**», хотя впоследствии это название закрепилось за другим пиротехническим изделием.

Сегодня эта фигура самостоятельно в фейерверках почти не применяется и служит вместе со звёздками для снаряжения мортир, представляя что-то типа снарядов для пушки.

На заре фейерверков такие изделия бросали в воздух руками, что весьма небезопасно, поэтому в дальнейшем для их «запуска»

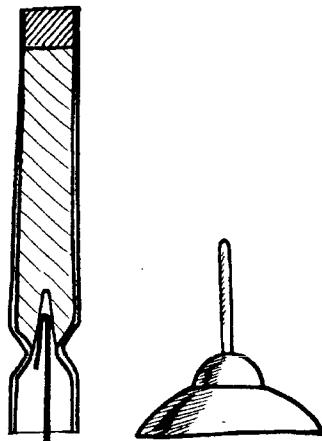
приспособили специальные мортиры и ракеты, которые к тому же позволяют поднять их на более выигрышную высоту.

Готовят ручные швермеры из толстостенных (!) гильз первого рода калибром 6-15 мм и длиной до 10 калибров. Эта процедура напоминает изготовление фонтанов и форсов, только стержень для формирования центрального полого канала (1) используют покороче: обычно 1/2 калибра, для чего применяют специальный унтерзатц или укороченный затяжной стержень. Поскольку швермер сгорает быстро, шейку гильзы глиной не набивают.

Гильзу насаживают на жёлудь унтерзатца и с помощью набойников запрессовывают дымным порохом, ослабленным древесным углем (4:1, сост. 1573). Сверху на 1,5 калибра забивают глиняную или бумажную пробку на kleю. Снимают со стержня, вставляют в шейку до горючего состава короткий кусок стопина и фиксируют его подмазкой к головке, чтобы он выступал на полсантиметра. Обычно, этого достаточно, чтобы зажжённая фигура после броска окончательно воспламенилась в воздухе, а не на земле.

Обращаться с этой фигурой надо очень осторожно, чтобы не обжечь руки! Во избежание неприятностей ручные швермеры лучше не снаряжать дополнительным шлагом из зернистого пороха для выстрела, ни в коем случае не удлинять полый канал, необходимо добротно прессовать горючий состав, но ещё лучше использовать для запуска специальные приспособления с пороховым зарядом.

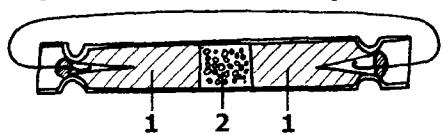
**Мортирные швермеры** делаются почти также, только для них можно использовать гильзу и подлиннее (до 14 калибров). В этом случае швермер на половину запрессовывается сильным реактивным составом из пороховой мякоти, разбавленной мелким древесным углем (5:1, сост. 1571), крупным углем (10:1, сост. 1578) или железными опилками (4:1, сост. 1582). В принципе, для снаряжения подобных шутых подходит любая сильная искристая пиротехническая смесь. Чем сильнее состав швермера, тем эффектнее его действие.



вие, поэтому мелкие гильзы можно плотно набивать одной мякотью. Над горючей смесью вставляют бумажную пробку, обмотанную стопином. Свободное пространство засыпают порохом, а торец забивают глиной или бумажной пробкой на kleю и заклеивают бумажным кружком либо заминают с kleем конец гильзы. Полёт такого швермера заканчивается громким выстрелом.

Существуют многочисленные видоизменения швермеров.

Очень забавно ведёт себя «двойной швермер». Готовится он, как и обычный, но с некоторым дополнением. На укороченном стержне гильзу на 3 калибра забивают сильным искристым составом

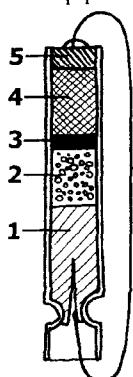


(1), досыпают 2 калибра пороха (2) и ещё 3 калибра запрессовывают исходным реактивным составом (1). Свободную часть гильзы осторожно рас-

слаивают и затягивают шпагатом на том же стержне так, чтобы сформировалось второе сопло. Оба отверстия соединяют стопином и фиксируют пороховой подмазкой.

В воздухе такой швермер формирует два луча в противоположных направлениях, а поскольку их сила, как правило, не однозначна, фигура приобретает слабое движение, что выглядит очень эффектно.

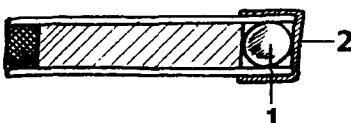
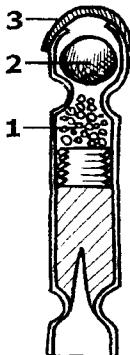
«Змеиной звёздкой» прозвали видоизменённый швермер, в котором пространство над обычной начинкой из прессованного искристого реактивного состава (1), насыпного пороха (2) и бумажной пробки (3) забивают яркой пламенной или звёздной смесью (4), верх которой обрабатывают пороховой подмазкой (5). Оба торца соединяют стопином. При воспламенении такого швермера кажется, что яркая огненная звёздка вылетает из хаотично движущегося швермера.



Для формирования так называемой «огненной кисти» иногда применяют специальные швермеры в виде тонкостенных трубочек (4-5 оборотов бумаги) калибром 5-13 мм и длиной 6-7 см, набитых

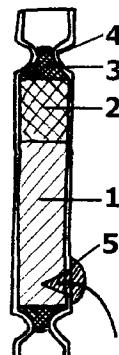
искристым составом (1). Один конец такой гильзы затягивается наглоухо (2) либо заминается с клеем, другой же обмазывается пороховой подмазкой (3) и припудривается мякотью для облегчения воспламенения. Зажжённые швермеры красиво ниспадают в виде расходящейся огненной кисти, и каждая гильза описывает искристую извилистую линию или «змейку».

Подобный швермер можно оснастить звёздкой, для этого второй конец гильзы оставляют открытым и в него вставляют сформированный шарик из звёздного состава (1), например, «золотого или серебряного дождя». Звёздку фиксируют бумажным колпачком (2). В конце горения, падающие вниз швермеры, теряют огненные шарики, наполняя ночное небо нежным сиянием.



Ещё лучше стянуть обычный швермер за пороховым составом (1), но не до конца, а оставив отверстие в  $1/4$  калибра. В свободную часть гильзы вставляют светительный шарик (2). Торец швермера слегка заминают и заклеивают кружком бумаги (3).

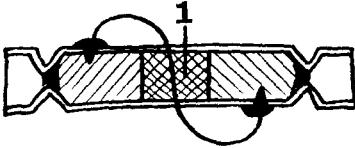
Интереснее ведут себя **вращающиеся швермеры**. Так называемые «пчёлки» готовятся следующим образом. Швермерную гильзу, затянутую наглоухо (можно вставить бумажную пробку), набивают сначала сильным искристым составом (1), а затем порохом (2). После чего вставляют небольшую бумажную пробку (3), расслаивают конец гильзы, часть слоёв бумаги подминают с клеем, а остальные затягивают наглоухо (4). У нижнего конца делают отверстие (5) диаметром  $1/3$  калибра до искристого состава и вставляют кусок стопина, который фиксируют ниткой и пороховой подмазкой. Воспламеняясь, эта фигура быстро вращается с характерным жужжанием, чем-то напоми-



ная полёт «Алябьевского шмеля», но в отличие от которого, в конце взрывается.

Ещё громче жужжит и быстрее вращается «видоизменённая

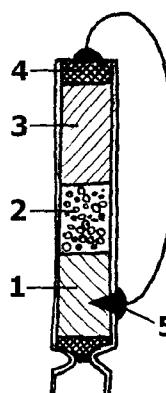
**пчёлка** с **двойным соплом** типа «саксонского солнца» или «китайского колеса». Концы такой пчёлки затянуты наглухо, средняя часть забита порохом (1), а отверстия расположены ближе к торцам под углом 180°



друг к другу. При воспламенении эти изделия очень энергично вращаются, образуя яркую искристую ленту. Выгорают они быстрее обычных «пчёлок».



Красивее и звучнее происходит полёт швермера, у которого боковые отверстия расположены не противоположно, а со смещением на 90°. Такое видоизменение пчёлки получило название «вихрь». Для них используют крупные гильзы калибром 18-20 мм и длиной 15-18 см. Такая фигура стремительно движется по воздуху с особым шумом, взрываясь в конце горения.

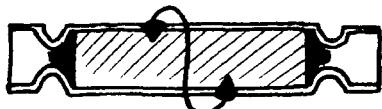


Очень интересно горит швермер, получивший название «огненный крест». Шейку гильзы затягивают наглухо и на 1/4 длины забивают сильным искристым составом (1). На него всыпают 2 калибра пороха (2) и оставшуюся часть запрессовывают энергичным пламенным или двойным составом (3), а чтобы он не высыпался, конец гильзы обмазывают пороховой подмазкой (4). У основания шейки просверливают боковое отверстие (5) и соединяют его стопином с верхней частью горючего состава. Движение такого вращающегося швермера напоминает огненный крест с искристым и пламенным шлейфом, особенно мощным под конец.

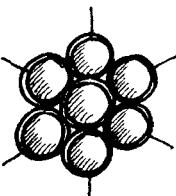
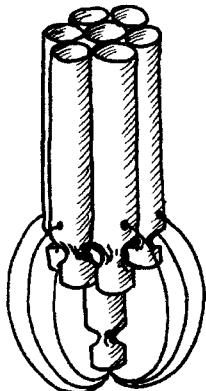
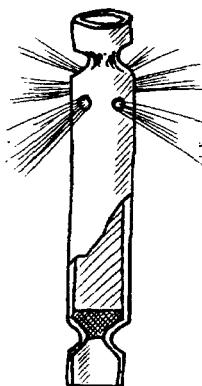
Что-то среднее между «вихрем» и «огненным крестом» можно приготовить, если набить всю гильзу искристым составом, наглоухо затянуть торцы, а посередине с противоположных сторон с небольшим смещением около 2 см просверлить две дырки и соединить их общим стопином. Наиболее ходовой калибр таких швермеров 13 мм при длине 10 см. Эта фигура производит искристый огненный смерч, лучи которого выходят из одной точки. Если смещение между боковыми отверстиями уменьшить до 0,5-1 см, то вращение швермера замедлится, и он будет напоминать «вращающуюся звезду».

Так называемая «листовая звезда» представляет собой швермерную гильзу, набитую несильным пламенным составом и наглоухо затянутую с обеих сторон. Ближе к одному концу по диагонали просверливают насеквоздь ряд отверстий на равном расстоянии. В несколько отверстий вставляют стопин и фиксируют пороховой подмазкой. Ею же заделывают и остальные дырки. Падающая гильза выбрасывает огненные лучи, напоминая звезду.

Особое место занимают сопряжённые композиции из нескольких швермеров. Так, для приготовления **шестилистенной швермерной звезды** 6 гильз затягивают наглоухо и забивают произвольной горючей смесью, заканчивая шлагом из пороха. Их приклеивают вокруг нормально сформированного швермера с сильным реактивным составом. С боку внешних гильз ближе к основанию формируют отверстия диаметром  $1/3$  калибра и соединяют их стопинами с



общим стопином. Наиболее ходовой калибр таких швермеров 13 mm при длине 10 см. Эта фигура производит искристый огненный смерч, лучи которого выходят из одной точки. Если смещение между боковыми отверстиями уменьшить до 0,5-1 см, то вращение швермера замедлится, и он будет напоминать «вращающуюся звезду».



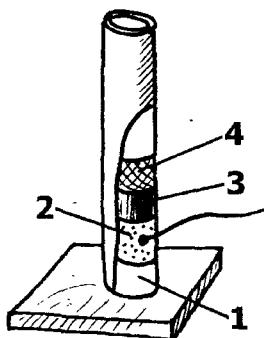
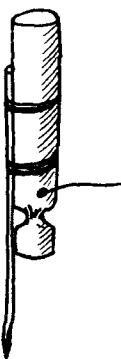
соплом центрального швермера. Воспламеняясь, такой швермер хаотично двигается, хоть и не так резво как обычный, зато излучая 6 цветных огненных лучей.

## 28.4. Яркой звездою в мрачную душу

**П**режде чем приступить к описанию этой фигуры, имейте в виду, что даже у самой маленькой мортирки есть своя большая цель в жизни, поэтому постарайтесь не оказаться на линии её огня. Это простейшее изделие под силу даже начинающему фейерверкеру. Для его изготовления понадобится толстостенная гильза первого рода калибром 10-20 мм и длиной 10-12 калибров. Один конец её заминают наглухо и забивают глиной или бумажной пробкой на kleю (1). Для малых калибров в качестве подставки подклеивают картонный квадрат. Более крупные гильзы затягивают наглухо, вставляют пробку и подвязывают готовое изделие к деревянному, а ещё лучше металлическому стержню (например, к электроду), который вгоняют в землю до упора.

В такую мортирку всыпают дымный порох (2) в количестве 1/3 – 1/5 от веса выстреливаемой фигуры и вставляют цилиндрическую звёздку (3) помпфейерного типа только без центрального канала, ориентируя её пороховой подмазкой вниз. Звёздка должна входить плотно, но без особых усилий, чтобы её не расколоть. Над ней загоняется войлокный, бумажный или несколько картонных пыжей (4).

У основания гильзы делается отверстие на уровне порохового состава, в которое вставляется и крепится зажигательной подмазкой тонкий стопин. Для мортирок малых калибров лучше подходит «пироксилиновая нить». Достаточно её поджечь и через несколько секунд после выстрела яркая звёздка высоко взлетит в небо.



Чтобы огненная звёздка сгорела в воздухе, а не на земле, её толщина обычно не должна превышать полкалибра.



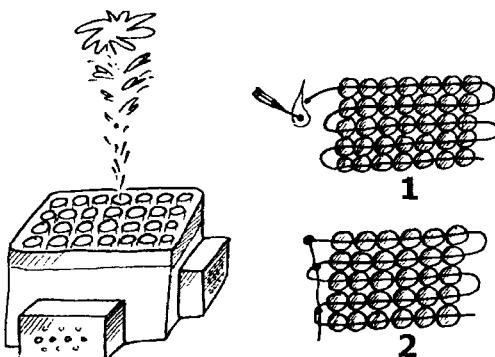
Можно поступить по-другому и малые мортирки поверх вышибного заряда забить пластичной ещё сырой массой для звёздок на летучем органическом растворителе. Несмотря на явную простоту, этот метод не лишён недостатков: «запыжёванный» состав долго сохнет и его неудобно точно дозировать.

Куда богаче смотрятся мортирки, собранные в «брюкеты» или

**«фейерверочные установки».** Они могут отстреливать звёздки как через равные промежутки времени (1), так и с ускорением, срабатывая одновременно по несколько штук (2) в зависимости от системы воспламенения.

Снаряженные гильзы осторожно просверлива-

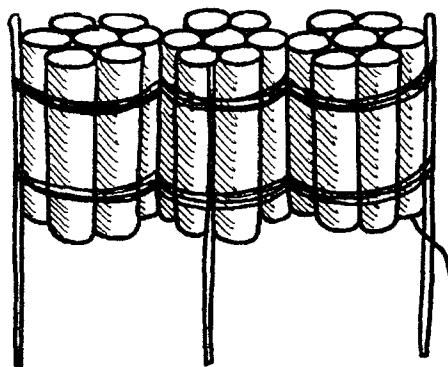
ют насеквоздь через пороховой состав, нанизывают на тонкий стопин и гирляндами укладывают в коробки (1). При этом, если ряды гильз дополнительно перемкнуть стопином, частота выстрелов пойдёт по нарастающей (2).



Для этой фигуры подойдёт любая картонная коробка, даже от «Киевского торта», только гильзы в ней нужно укладывать плотно, предварительно смазав kleem дно.

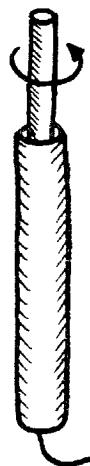
Подобный фейерверк можно немного видоизменить и сделать многоразовым. Для этого (в виде исключения!) мортирки делают из облегчённых металлических трубок. Например, идеально подойдут гильзы от пустых картриджей для ксероксов (калибр 20 мм), которые массой скапливаются на обменных пунктах. Один торец трубы на 2-3 мм подминают круглогубцами вовнутрь под  $90^\circ$  и слегка «расплёскивают» его на вставленном набойнике, делая ровным ободок (1). Внутрь гильзы вкладывают отслужившую 3-х или 20-копеечную монетку образца СССР с отверстием посередине в 2-3 мм и Ваша мортира готова.

В гильзу помещают пару граммов влажной пороховой подмазки и, поворачивая набойником, слегка выдавливают её через отверстие в основании. Этим же составом покрывают торец мортирки снаружи, припудривают его мякотью и, осторожно прокручивая, вынимают набойник. Чтобы он легче вынимался и к нему не прилипала подмазка, к его торцу прибивают такую же просверленную монетку. После сушки в мортирку всыпают



несколько граммов дымного пороха ( $1/3\text{-}1/4$  массы «снаряда»), вставляют помпфейерную звёздку без канала и пыжи.

Заряженные гильзы собирают в связки не более, чем по 7 штук и стягивают в двух местах тонкой проволокой или холщовой (!) изолентой, приматывая одно-



временно электрод для крепления к земле. К «днищу» одной из связок клейкой лентой фиксируют кусок стопина. Достаточно такие брикеты воткнуть рядом в землю так, чтобы торцы гильз были на одном уровне, но не касались земли и поджечь стопин, как воспламенится вся батарея, даже если между связками будет небольшое расстояние. По-разному ориентируя брикеты на земле, можно контролировать выстрелы от одиночных до сложных залпов и нестихающей канонады. Ещё красочнее срабатывает эта фигура, заряженная небольшими швермерами или мортирными разрывными звёздками.

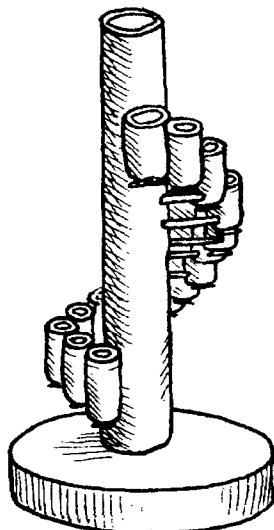
## *28.5. Когда пчелиная жизнь далеко не мёд*

**X** отите увидеть маленькое чудо – запаситесь терпением.

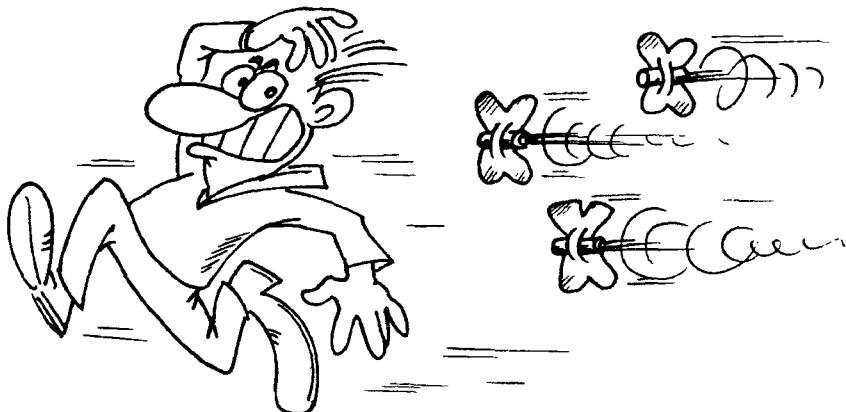
Ещё в XIX в. пиротехник Вебский (по паспорту немец) описал в высшей степени эффектную фигуру – **пчелиный рой**, представляющую фонтан, из устья которого взлетают на значительную высоту пчёлки под грохот канонады. Изготовление такой фигуры не требует сложных элементов, однако представляет весьма кропотливую работу, которая вполне вознаграждается красотой этого зрелища.

Для центрального фонтана подойдёт прочная картонная гильза наружным диаметром не менее 50 мм и длиной около 40 см. Её набивают любым крупноискристым фонтанным составом, но чаще остальных используют пиротехническую смесь 1460. Сформированный фонтан фиксируют вертикально, вклеивая в отверстие в деревянной подставке. Затем его обклеивают снаружи по спирали мортирными гильзами меньших размеров (11-13 мм), затянутыми, обрезанными и наглухо забитыми, ориентируя их головками книзу.

У основания каждой малой гильзы на уровне предполагаемого порохового заряда

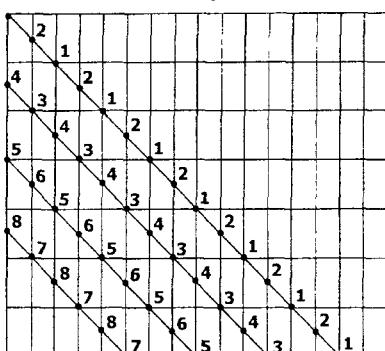


делают отверстие в 3-4 мм для стопина и на том же уровне в стенке фонтана. Отверстия соединяют стопином в тонкой проводной трубке, которую вклеивают в гильзы. В каждую мортирку всыпают заряд дымного пороха (1/3 веса снаряда) и плотно вгоняют пчёлку или швермер, которые должны быть на 1-2 см короче длины гильзы. Жерла снаряженных мортирок заклеиваются бумагой, чтобы в них не падали искры от фонтана.



По мере выгорания центральной гильзы один за другим воспламеняются стопиновые провода и выстреливаются пчёлки. Фигуру устраивают так, чтобы швермеры или пчёлки взлетали по нарастающей от одиночных выстрелов до вылета целого «роя». Для этого нижняя часть фонтана обклеивается мортирками наиболее густо, причём, в несколько рядов.

Если эта процедура вызвала у Вас проблемы или Вы затрудняетесь расположить гильзы «на глязок» так, чтобы они не мешали друг другу, воспользуйтесь подсказкой Вебского. Он рекомендовал отмерить наружный диаметр фонтанной гильзы, её рабочую длину (без головки и основания) и вычертить по этим размерам прямоугольник. Затем разбить его на более мелкие сектора, провес-



ти несколько диагоналей и пронумеровать точки их пересечения с осевыми линиями и серединами малых прямоугольников, обклейте чертежом набитую фонтанную гильзу и в отмеченных точках неглубоко просверлить отверстия для стопинов. Порядковый номер указывает на удалённость мортирки от головной гильзы. Так, возле номера «1» мортирки подклеиваются непосредственно к фонтану и крепятся в первую очередь, а против номера «2» приклеиваются к предыдущей мортире. До номера «16», как правило, не доходит.

Несколько полезных советов «пчеловодам-любителям»:

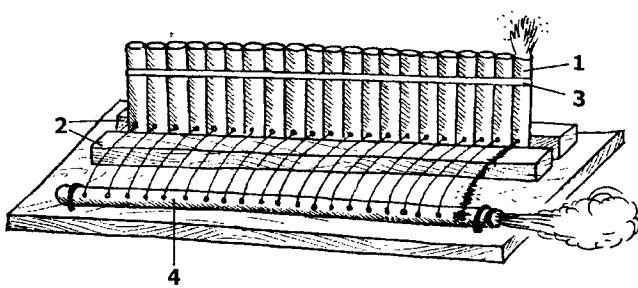
- не делайте глубоким канал для стопинов в фонтанной гильзе,
- не применяйте мортирки более крупных калибров,
- не увеличивайте вышибной заряд.

Во всех случаях Вы рискуете раньше времени растерять мортиры с Вашего пиротехнического «улика».

## 28.6. Шлагометатель органного типа

**Е**сли у Вас нелады с геометрией и «графики Вебского» Вас не вдохновляют, близкую по действию фигуру можно изготовить значительно проще. В Средневековой Европе её называли «Schlagleisten», а наши предки – «шлагометателем».

На длинную доску наклеивают вплотную «стоя» в одну линию произвольное количество мортирок (1). Для надёжной фиксации к доске у их основания прибивают две рейки (2), а ближе к жерлам подклеивают ленту из плотной бумаги (3).



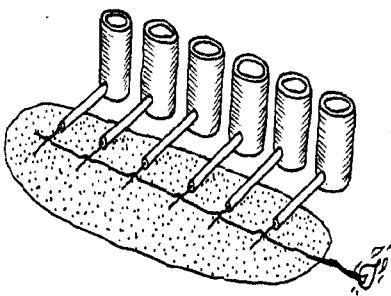
Длинную гильзу (4) калибром в 16-18 мм наглохо набивают слабым искристым составом и приклеивают лёжа вдоль мортирок.

Против каждой из них в гильзе делается отверстие, которое соединяют стопином в проводной трубке с мортиркой.

Гильзочки заряжают светящимися звёздками либо швермёрами. При воспламенении большой гильзы поочерёдно срабатывают мортирки, а частота выстрелов несложно регулируется близостью отверстий на «клавиатуре» такого музыкального инструмента.

Замедленное контролируемое зажигание мортирных батарей можно осуществить ещё проще. Достаточно вместо длинной лежачей гильзы взять открытый стопин, наложить на него «стопинчики» от мортирок в огнепроводных трубочках, но так, чтобы открытые участки стопинов касались друг друга, и присыпать всю воспламенительную систему мелкими сухими древесными опилками слоем около 3 см. В ветреную погоду можно сверху на опилки положить лист фанеры или соорудить подобие коробки. Дело в том, что опилки сильно замедляют горение стопина, делая его тихим и спокойным.

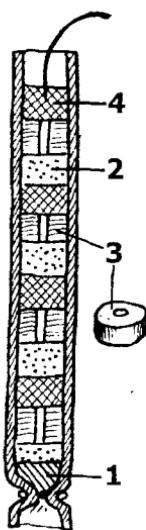
Приведенные устройства замедленного воспламенения также широко используются для запуска различных пиротехнических изделий. Вы тоже можете украсить горение шлагометателя финальным выстрелом бурака или фугаса.



## 28.7. Мы из Рима

**К**онечно, можно устроить салют из десятка отдельных мортир, но в практике фейерверков их иногда удобно заменить одной фигурой – **римской свечой**. Как Вы уже догадались, с описанными ранее фигурными свечами эти не идут ни в какое сравнение, не зря их ещё называют «**помпфейерами**», указывая на показную пышность изделия. Это своего рода пулемёт для запуска светящихся звёздок. Такие «свечи» горят ярким крупноискристым пламенем, динамично выстреливая на довольно значительную высоту блестящие разноцветные огненные шары, беззвучно растворяющиеся в темноте.

К счастью, такая фигура готовится несложно. Для неё используют, пожалуй, наиболее длинные пиротехнические гильзы первого рода в 35-50 см (25-30 калибров) с внутренним диаметром 12-25 мм. Самый ходовой калибр 18-20 мм, а длина 40 см. Катают такие гильзы с толщиной стенок  $1/4$  -  $1/3$  калибра на специальном длинном навойнике. Более тонкие концы сырых трубок затягивают наглухо, обрезают, забивают слоем глины (1) и сушат.



Снаряжают римские свечи в следующем порядке. На дно гильзы помещают пороховой заряд (2), затем цветную звёздку (3) и над ней небольшое количество промежуточного медленногорящего искристого состава (4). В той же последовательности закладку повторяют ещё несколько раз. Обычно, в среднюю гильзу входит 8-10 огненных шариков так, чтобы над верхней звёздкой до жерла оставалось пространство в 2-3 калибра.

В верхнюю засыпку искристого состава вставляют стопин, подклеенный пороховой подмазкой либо прижатый бумажной пробкой и заклеивают гильзу бумажным кружком.

Изготовление помпфейерных огненных звёздок (3) в виде цилиндров с полым каналом по центру описано выше. Их толщина должна составлять  $1/2$ - $1/3$  калибра, так как более тонкие звёздки часто раскалываются при закладке либо при выстреле, а толстые не успевают сгорать в воздухе и падают на зрителей. Оптимальный диаметр центрального канала звёздок 2 мм. Для облегчения их воспламенения обязательна пороховая подмазка, которую для большей надёжности лучше наносить с обеих сторон звёздки.

Сформировать дистанционную трубку из полого канала помпфейерной звёздки можно несколькими способами. Достаточно вставить в канал, выступающий с обеих сторон отрезок стопина. Можно поочерёдно нанизывать звёздки на тонкий стопин, зафиксированный на нижней из них. Это затрудняет засыпку пороха и проме-



жуточного состава, а также требует применения специального набойника из полосы листового металла с отогнутым на 90° и прорезанным кончиком. Каналы звёздок проще заделать пороховой подмазкой или вставить в них кусочки стопина. И, наконец, имея некоторый опыт, можно заполнить их порохом при забивке помпфейера, укладывая звёздки на ещё не запрессованный состав.

Синхронные паузы между выстрелами обеспечивает промежуточный искристый состав, который должен гореть медленно, но красиво. Чаще с этой целью применяют слабые крупноискристые угольные смеси 1460 или 1469. Для получения розовой ленты используют специальные составы 1618 и 1619. Бриллиантовый шлейф образуют пиротехнические композиции 1624 и 1625. Масса всыпаемого промежуточного состава должна соответствовать весу снаряженной звёздки и в прессованном виде обычно занимает один калибр, что облегчает фасовку калиберным совком.

Уменьшения слоя промежуточного состава может стать причиной одновременного выстрела нескольких звёздок.



Крупноискристые составы (угольные и бриллиантовые) во избежание расслаивания необходимо всыпать небольшими дробными порциями либо предварительно слегка смочить спиртом, не допуская смешивания с пороховым зарядом, что ослабляет выстрел.

Некоторые авторы предлагают корректировать содержание промежуточных составов с калибром помпфейеров (табл. 77), снижая включение пороха в крупных гильзах.

**Таблица 77. Промежуточные составы в помпфейерах, адаптированные к калибру**

% №	Розовая лента					
	1614		1615		1616	
	Калибр, мм					
	30	25	20	15	15-20	
Пороховая мякоть	36,5	37,6	38,8	40,7		
Калия нитрат	27,4	54,8	28,2	56,4	29,1	58,2
Сера	4,4	9	4,5	9,2	4,6	9,5
Уголь древ. мелкий	31,7	36,2	29,7	34,4	27,5	32,3
				23,9	29	33
						25

% №	Бриллиантовая лента					
	1620		1621		1622	
	Калибр, мм					
	30	25	20	15	15-20	
Пороховая мякоть	31	32,7	34,5	37,6		
Калия нитрат	23,3	46,5	24,5	49	25,9	51,8
Сера	3,7	7,6	3,9	8	4,1	8,4
Уголь древ. мелкий	12,1	16	12,7	16,8	13,4	17,7
Железные опилки	29,9	29,9	26,2	26,2	22,1	22,1
				15	15	22
						14

Однако для наших изделий уровень свечного огня, пожалуй, не так существенен. Другое дело высота выстрела огненных звёздок.

Поэтому наиболее важным моментом в изготовлении римских свечей является правильная дозировка вышибного порохового заряда. Дело в том, что длина канала ствола для верхних и нижних звёздок сильно отличается, как и время воздействия на них пороховых газов. Обычно, масса пороха, закладываемого под верхнюю звёздку, составляет  $1/2-2/3$  от её массы. Для обеспечения одинаковой высоты взлёта нижних звёздок, вышибной заряд уменьшают в 10-15 раз, то есть, масса пороха под соседними звёздками отличается в среднем на  $1/8-1/10$  часть.

Если не соблюдать предлагаемые пропорции, звёздки могут раскалываться при выстреле, дрогать на земле, а ещё хуже – не воспламеняться в полёте либо сгорать в гильзе. Рассчитывать заряд на каждую звёздку и отвешивать его на аптечных весах – дело полезное, но не всегда благодарное, так как на результат сильно влияет размер зёрен пороха, диаметр и масса звёздок, плотность запрессовки и масса других факторов, поэтому окончательную корректировку внесёт Ваш опыт.

Для удобства отмеривания пороха можно использовать стеклянный цилиндр или пробирку, в которые всыпают отвешенный порох для верхней звёздки и разделяют их отметками на 10 равных частей. Ещё лучше подготовить набор полых пробок либо напёрстков, залитых до разного уровня плавленым воском или сургучом.

Остаётся предупредить, что запрессовывают римские свечи весьма осторожно, чтобы не расколоть звёздки. С этой же целью очень важно, чтобы звёздки плотно входили в гильзу, а крупинки промежуточного состава не попадали между стенками.

Известны многочисленные разновидности помпфейеров.

Ещё в середине XIX в. пиротехник Штамм предложил очень доступный способ изготовления многоразовых помпфейерных гильз. Для этого катают толстостенные бумажные трубы диаметром 6-8 см и длиной 50 см. Один их конец заминают, а внутрь набивают размягчённую силикатным kleem красную глину (боляс). В центре сверлят отверстие диаметром 16-20 мм и длиной около 45 см. Приготовленную трубку наполовину заполняют любым горючим составом, выжигают остаток влаги, и гильза готова к применению. Такую гильзу по мере выгорания можно восстановить, снова забив глиной.

## 28.8. Поближе к небесам

**Л**юбясь великолепной картиной разноцветных залпов мощных батарей римских свечей, приходится сожалеть, что яркие ниспадающие огни тонут в облаке дыма, который съедает часть их блеска прежде, чем они успевают окончательно сгореть. В связи с этим появились многочисленные разновидности помпфейеров, не содержащих промежуточный медленногорящий состав. Чаще всего его заменяют картонными пыжами либо глиняными пробками.

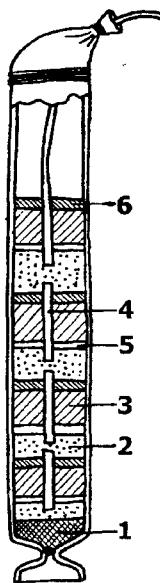
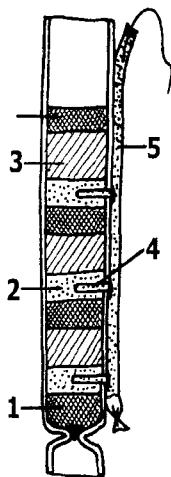
Одна из таких конструкций включает помпфейерную гильзу, затянутую и забитую глиной (1) с одной стороны, в которую засыпается вышибной заряд дымного пороха (2). Над ним закладывается цилиндрическая звёздка (3) с полым каналом по центру, в который вставлен отрезок стопина (4). В этом случае звёздка ориентируется

зажигательной подмазкой (5) книзу. На неё кладётся картонный пыж (6) с запальным отверстием посередине и так до самой вершины гильзы. В последнюю звёздку вставляется и фиксируется узлом более длинный стопиновый огнепровод либо над ней засыпается небольшой заряд пороха и вставляется электрозапал. Отверстие гильзы заклеивается тонкой бумагой.

Знаменитый французский пиротехник Шертье (XIX в.) предложил **помпфейеры** оригинальной конструкции также **без промежуточного состава**.

Гильзу римской свечи забивают с одной стороны глиной (1). Рисуют на её наружной поверхности линию вдоль корпуса. Замеряют глубину гильзы и отмечают уровень её дна точкой на этой линии. По-

том всыпают порцию зернистого дымного пороха (2), составляющую 1/8-1/12 от веса огненной звёздки, которую укладывают сверху. Обычно, применяются звёздки без отверстия (3), но если они воспламеняются трудно их можно заменить аналогичными, но с центральным каналом, что повышает площадь воспламенения. Вышибной заряд в этом случае нужно несколько увеличить.



В отличие от традиционных методов приготовления римских свечей, когда звёздки воспламеняются сверху ещё в гильзе огнём промежуточного состава и выстреливаются активно горящими, в этом варианте поджигание происходит только в момент выстрела. Это требует применения легковоспламеняющихся звёздок из быстрогорящих смесей и обязательно с зажигательной подмазкой ориентированной вниз.

Над звёздкой засыпают слой сухой просеянной глины (1). Аккуратно забивают её набойником так, чтобы глина не высыпалась при переворачивании, а толщина слоя не превышала 1/4 калибра. Вместо глины можно использовать войлокные пыжи. Повторно за-

меряют глубину гильзы и отмечают соответствующую точку на линии по внешней стороне. Всыпают зернистый дымный порох, несколько превышающий по массе нижний вышибной заряд (на 1/4 - 1/5 его часть).

Процедуру повторяют в той же последовательности, заполняя гильзу до верха и оставляя свободное пространство в 3-4 калибра. Отличается лишь масса вышибного заряда, которую прогрессивно увеличивают с каждым слоем, так что верхняя закладка составляет 1/2-1/4 часть средней массы огненной звёздки. Кстати, сам Шертье рекомендовал закладывать одинаковые (максимальные) порции дымного пороха под все звёздки. Он мотивировал это тем, что данный метод воспламенения пороха через боковые отверстия в стенке гильзы якобы выравнивает силу выброса.

Затем тонким шилом (1,5-2 мм) проделывают отверстия по боковой линии гильзы на 1 мм выше отмеченных точек и глубиной в 3/4 диаметра. В приготовленные каналы в слоях пороха неплотно (чтобы не затушить при горении) вводят короткие куски тонкого стопина (4), обрезают их заподлицо и аккуратно без наплы wholeов фиксируют пороховой подмазкой.

Для воспламенения вышибных зарядов и регулирования интервалов между выстрелами звёздок применяется специальная тонкостенная гильза (5) очень малого диаметра (4-6 мм), которую начиняют медленногорящим составом, например, 1459. Вполне подходит для этой цели пороховая мякоть, разбавленная на 20-30% мелким древесным углем (сост. 1626, 1627, табл. 78) либо на 17-20% мелом (сост. 1628) или даже гипсом (сост. 1629). Сам Шертье предлагал для этого специальный пламенный состав 1630 на основе бертолетовой соли.

**Таблица 78. Составы замедлительных трубок помпфейеров Шертье**

%	№	1626	1627-	1628	1629	1630	1459
Калия нитрат		58	54	60	63		67
Калия хлорат						66	
Натрия оксалат						17	
Сера		10	10	10	10	17	25
Уголь древесный		32	36	10	10		8
Мел				20			
Гипс					17		

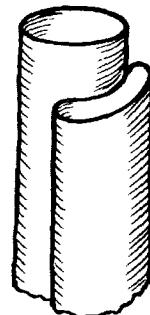
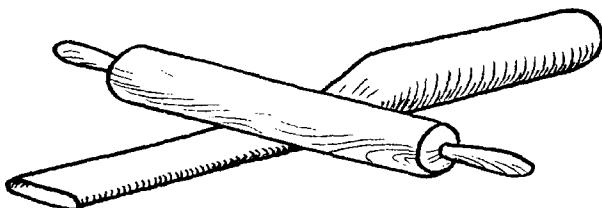
Замедлительная трубка (5) должна иметь длину римской свечи либо её можно скомпоновать из нескольких более коротких гильз, которые катают на специальном длинном железном навойнике. Такой навойник несложно изготовить из ровной стальной проволоки, один конец которой обматывают бумагой, обмазанной клейстером. В скатанной гильзе проклеивают только наружный край. Тонкий конец полученной трубки затягивают крепкой ниткой, а в широкое отверстие вставляют миниатюрную воронку для засыпания состава. Горючую смесь равномерно уплотняют тонким набойником. Во избежание образования пустот при набивке, стенки гильзы предварительно накалывают иголкой.

Начинённую трубку прокатывают скалкой и в виде толстой ленты наклеивают на римскую свечу вдоль начерченной линии, накрывая стопиновые выходы.

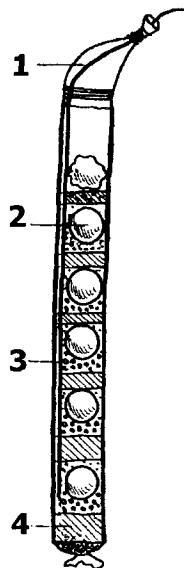
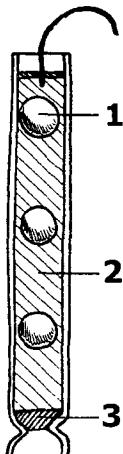
Для более надёжной фиксации изделие обклеивают в один слой тонкой бумагой, выступающей над горловиной на несколько сантиметров, что облегчает крепление огнепроводного шнуря к замедлительной трубке. Бумагу с проходящим внутри стопином неплотно перетягивают ниткой. Для удобства воспламенения композиций из подобных помпфейеров в замедлительную трубку лучше вводить сразу два огневых привода, предварительно укрепив их зажигательной подмазкой.

По мере выгорания замедлительной трубы воспламеняются пороховые заряды, высоко выбрасывающие разноцветные огненные звёздки.

В современном исполнении чаще применяются помпфейеры, в которых вместо наружной замедлительной трубы используется тонкий огнепроводный шнур (1). Он закладывается внутрь гильзы под нижний вышибной заряд, только не по центру, а вдоль стенки.



Вместо цилиндрических звёздок вставляют шарики, покрытые воспламенительной подмазкой (2). Пороховые заряды (3) рассчитываются по традиционной схеме для римских свечей с возрастанием к верхней звездке. В качестве изолирующих пыжей забиваются сухие глиняные пробки (4) толщиной в 1/4 калибра. Такая конструкция отличается лёгкостью исполнения и вполне надёжна при малых калибрах.



Весьма привлекательна и очень проста в исполнении конструкция римских свечей малого калибра, в которой промежуточный и вышибной состав совмещены, а их роль выполняет сильная форсовая смесь.

Например, для приготовления такого помпфейера диаметром 9 мм прочную гильзу длиной 30 см стягивают с одного конца и забивают глиной (3). Засыпают крупноискристый угольный форсовый состав 1578 так, чтобы после ручной запрессовки без ударов его слой составил 2 калибра (2). Затем укладывают звёздку (1) в виде шарика диаметром 7 мм без воспламенительной подмазки, но из легковоспламеняющейся «закементированной» смеси. Процедура повторяется до заполнения гильзы, а в конце вставляется пыж, с закреплённым в нём стопином.

Такая свеча, чем-то напоминающая по строению описанный выше букет, выбрасывает огненные звёздки на высоту до 4 м.

## 28.9. И залпы тысячи орудий слились в протяжныйвой

**Ж**израндолль (фр. – большой канделябр на много свечей).

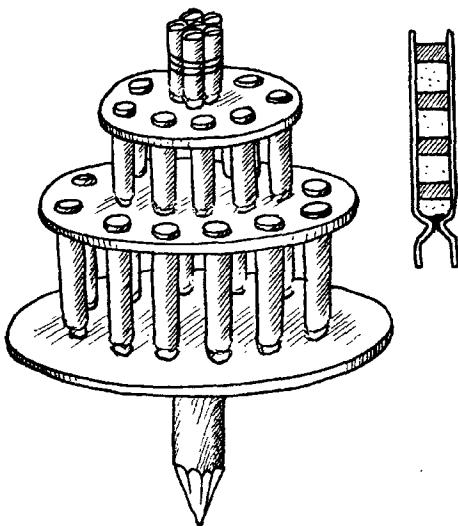
На вертикальный стержень длиной 1,5–2 м, вставленный в крестовину либо затёсаный у основания и забитый в землю, насаживают по центру несколько горизонтальных деревянных кругов. Диаметр верхнего из них обычно делают 0,5–1 м. Остальные круги должны быть на 1/2–1/3 часть больше предыдущих. Расстояние между ними выставляют чуть меньше размера римских свечей. Начиная с верхнего основания, по окружности прошуривают отверстия, слегка превышающие калибр помпфейеров, а в каждом последующем делают соответствующие углубления.

Римские свечи вставляют в отверстия горловиной вверх так, чтобы их основания входили в гнёзда нижележащего круга, и слегка фиксируют тонкими колышками. В центре верхнего стола сноп помпфейеров приматывают к выступающему стержню.

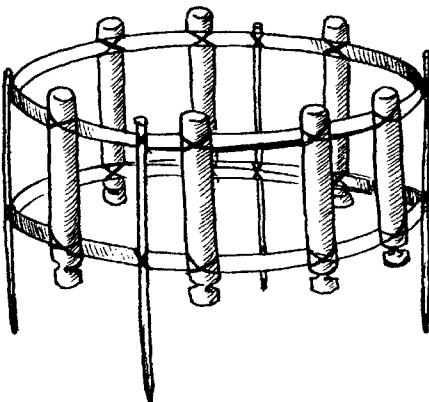
Закреплённые римские свечи соединяют единым стопином в проводных трубках, причём, в каждом круге отдельно по кольцу, дополнительно связывая их по диагонали. Затем объединяют все стопины в единый огнепровод, свисающий книзу.

Воспламенение такой фигуры создаёт грандиозный огненный столб разноцветных звёздок, в котором на смену падающим, взлетают всё новые и новые пылающие шары. Чтобы сделать поток живого огня шире, помпфейеры устанавливают с небольшим уклоном от центра.

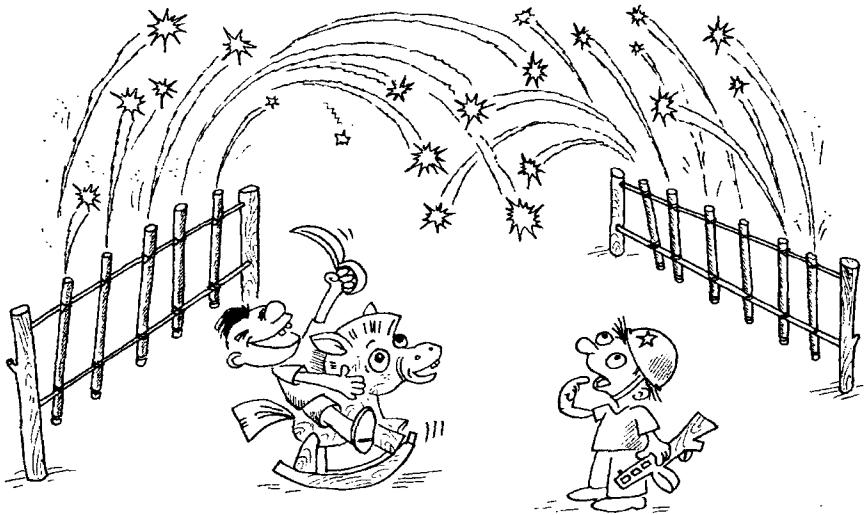
Некоторое подобие такой фигуры представляют **помпфейерные снопы**, по своему нехитрому устройству чем-то напоминающие детский манеж без дна. Два обруча диаметром около 1 м (мож-



но спортивных) связывают с четырьмя колышками длиной 50 см так, чтобы расстояние между кольцами было меньше размеров помпфайеров, а длина выступающих ножек такой «этажерки» составила 20-25 см. К обручам привязывают римские свечи с интервалом не более 20 см. Ножки конструкции забивают в землю, чтобы упор пришёлся на основания помпфайеров, а всю гирлянду связывают единым огнепроводом.



Такая фигура из-за отсутствия ярусности несколько проигрывает жирандолю, зато очень проста в изготовлении и смотрится прекрасно, особенно когда ею дополняют огненные изображения из контурных свечей типа причудливых ваз, фонтанов либо огнедышащих драконов.



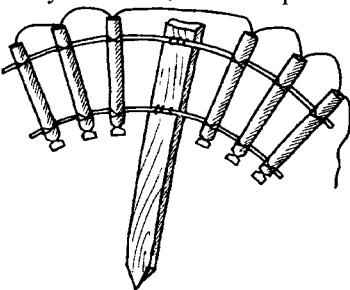
Если в Вашем подсознании остался невостребованный пункт из раннего детства типа незаконченной игры с оловянными солдатика-

ми, эту проблему можно решить с помощью **помпфейерных батарей**.

Из деревянных реек сколачивают секции штакетника произвольной длины. Вертикально подвязывают к ним римские свечи и забивают основания рам в землю, располагая одну за другой с уклоном  $70^\circ$ . На расстоянии, превышающем дальность стрельбы помпфейеров, устанавливают аналогичные батареи «противника».

Осталось занять место поближе к лошади главнокомандующего, изображённого на плане с саблей, и поджечь стопины, чтобы стать участником огненной баталии. Конец боя лучше закончить взрывом в стане неприятеля.

Оказывается, **хвост павлина** можно соорудить, не беспокоя его самого. И опять понадобятся помпфейеры. Две дуги радиусом 1,5-2 м укрепляют параллельно на стойке высотой 2 м. К ним подвязывают в радиальном направлении римские свечи и объединяют их общим огнепроводом. После воспламенения, взлетающие разноцветные звёздки напоминают огненный хвост, которому позавидует любая жар-птица.



## 28.10. Вместо пегаса троянский конь

**Б**урак – именно та фигура, которая Вам больше всего понравится, поскольку представляет оптимальное средство доставки на орбиту всевозможных пиротехнических изделий. К счастью, **бурак** сравнительно не сложен в исполнении, а эффект от его применения потрясающий: одним выстрелом небосвод наполнится огненными змейками, звездами и кругами, затухание которых сопровождается активной канонадой.

Для приготовления бурака достаточно крупную мортиру снарядить швермерами, ну и, естественно, вышибным зарядом. Наиболее оптимальная длина гильзы 3-4 калибра при её диаметре 8-30 см. На дно мортиры закладывается порох (1) в количестве 1/4 - 1/5 части от

веса снаряжаемых швермеров (при среднем калибре мортира 16-20 см обычно это около 40-80 г). Вышибной заряд можно непосредственно всыпать на поддон, но лучше предварительно завернуть его в писчую бумагу для задержки воспламенения.

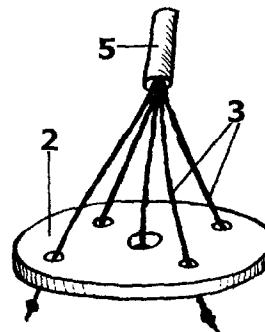
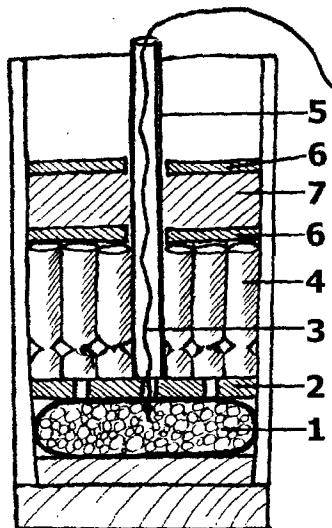
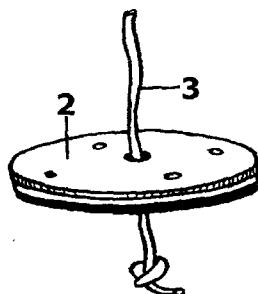
Важным элементом бурака является «зажигательный или подъёмный круг», представляющий собой толстый картонный или фанерный пыж с некоторыми отверстиями (2), густо покрытый с обеих сторон пороховой подмазкой. Через центральное отверстие зажигательного

круга продевается стопин (3) и завязывается узлом для фиксации. Высушенный пыж вставляется в мортиру поверх завёрнутого в бумаге пороха (1). На него плотно, головками вниз, устанавливаются швермеры (4), а на стопин одевается проводная гильза (5) по длине мортиры. Над швермерами ставится ещё один картонный пыж (6) с центральным отверстием для проводной трубы. Пространство над ним на несколько сантиметров забивается опилками (7) и закрывается таким же пыжом (6).

Бумаге пороха (1). На него плотно, головками вниз, устанавливаются швермеры (4), а на стопин одевается проводная гильза (5) по длине мортиры. Над швермерами ставится ещё один картонный пыж (6) с центральным отверстием для проводной трубы. Пространство над ним на несколько сантиметров забивается опилками (7) и закрывается таким же пыжом (6).

В мортирах большого калибра зажигательный круг (2) лучше видоизменить, продев стопины (3) через удалённые от центра отверстия и связать их в общий огнепровод. В этом случае можно обойтись без подмазки, но для надёжного воспламенения швермеров понадобится подсыпка пороховой мякоти.

Очень важно тщательно зафиксировать мортиру, для чего к ней удобно при-

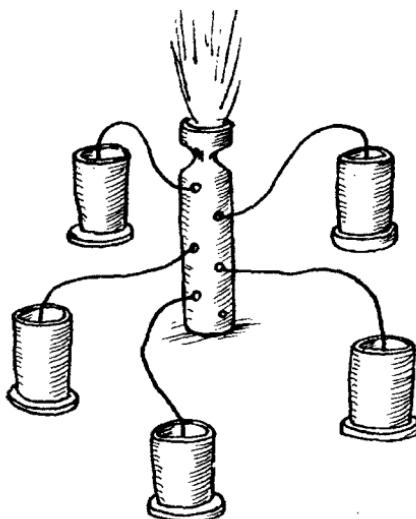


мотать пару штырей и до упора воткнуть их в землю. Ещё безопаснее крупную мортиру прикопать. Едва вспыхнет стопин отойдите на безопасное расстояние, что весьма относительно, так как дальность выстрела такой пушки может достигать до сотни метров. В случае применения электрозапала его прикрепляют к концу огнепроводного шнура.

Стопин зажигает подъёмный круг и от него швермеры. Загорание пороха приводит к выстрелу, причём, он должен воспламеняться последним через прогорающую бумагу, иначе некоторые швермеры не успеют загореться.

Не следует увлекаться крупными калибрами швермерных бураков, так как в этом случае падает коэффициент полезного действия и катастрофически увеличивается расход компонентов. Лучшего эффекта можно достичь, распределив швермеры на несколько выстрелов.

Для последовательного срабатывания бураков в качестве хронометра вполне подойдёт снаряжённая фонтанная гильза, в которой на разной высоте делаются боковые отверстия, соединённые закрытым стопином с мортирами. Такой принцип их срабатывания называется «гранатной игрой».



## 28.11. Огненный горшок

**Э**то очень хороший горшок. Я не знаю, можно ли в нём хранить мёд, но огненные звёздки можно наверняка. Собственно, для их поджигания и выстреливания он и предназначен. Иногда по старинке его так и называют «огненным горшком», а в современной интерпретации – «бурак со звёздками».

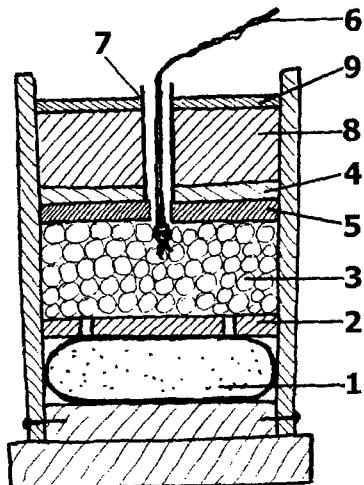
Комплектуют подобную мортиру несколько иначе. Так как в противоположность швермерам звёздки не содержат источника движущейся силы, то заряд под них подкладывают побольше: обычно 1/2-1/3 от их веса. Завёрнутый в бумагу зернистый дымный порох (1) закладывают на дно гильзы и накрывают зажигательным кругом (2) с отверстиями, покрытым с обеих сторон пороховой подмазкой. На него насыпают горсть сильного состава типа пороховой мякоти, ослабленной древесным углем (4:1, сост. 1573) и отвешенные звёздки (3), диаметр которых должен составлять 1-3 см. Сверху шарики тоже посыпают горючим составом. Всё это закрывают картонным пыжом (4), покрытым с внутренней стороны зажигательной подмазкой (5). Через отверстие в середине пыжа заводят стопин (6) и для фиксации завязывают на узел. На стопин надевают проводную гильзу (7), пространство над кругом забивают сухими опилками (8) и прикрывают ещё одним картонным пыжом (9) с отверстием для проводной гильзы.

При поджигании стопина огонь быстро достигает узла и передаётся пороховому покрытию картонного круга, воспламеняет свящующиеся шары и через отверстия подъёмного круга доходит до зернистого пороха, вызывая взрыв.

Яркие, пёстрые звёздки, взлетающие в небо, представляют громадный «огненный букет», поэтому эту фигуру особенно в старину иногда так и называли.

Ещё более грандиозно срабатывает бурак с разрывными круглыми звёздками, которые, взлетая в воздух, вначале ярко горят цветными шарами, а потом взрываются, рассыпая по небу светящиеся звёздочки.

Цилиндрические разрывные звёздки озаряют небосвод цветными огнями с двойным пламенным лучом и после серии выстрелов распадаются яркими точками.



Каскад из мортир, срабатывающих одновременно, получил название «очаг». Для его приготовления бураки устанавливают на расстоянии полуметра друг от друга, зарывая в землю до половины.

В качестве замедлителя над мортирами устанавливают фонтаны, начинённые звёздками. Воспламеняясь, они создают стену цветного огня, которая внезапно взрывается, озаряя небосвод.

## 28.12. Коробка с чудесами

**Ж**ичто не горит вечно, даже пламя дурных помыслов, а уж тем более содержимое **фугасного ящика**, главная задача которого – застать неприятеля врасплох. Несмотря на то, что **фугас** даже для современного фейерверка удовольствие весьма дорогое, затраты на его изготовление вполне окупаются грандиозностью и зрелищностью этого феномена.

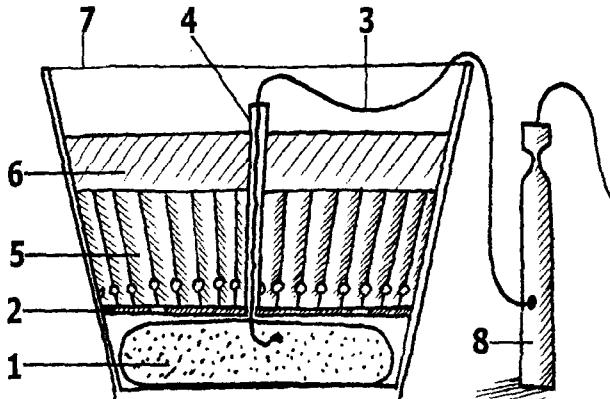
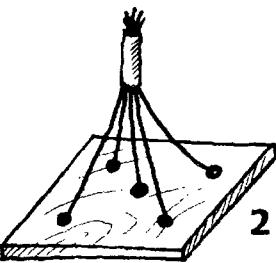
Фугасный ящик в свободное от фейерверков время вполне сойдёт за кадушку

для пальмы. Он имеет вид перевёрнутой усечённой пирамиды. Из толстой доски (~30 мм) выпиливают 4 трапеции основаниями 15 см и 25 см, а высотой в этих же пределах. Стенки сбивают



гвоздями, последним приколачивая к меньшему основанию деревянное дно. Для надёжности конструкцию оббивают толстой верёвкой по спирали. В старину щели такой «пушки» тщательно конопали и обрабатывали внутри и снаружи пихтовой смолой. Вам же достаточно заделать щели оконной замазкой.

Во всём остальном внутреннее строение фугасного ящика мало чем отличается от конструкции бурака. Заряд зернёного дымного пороха (1) весом в  $1/5$  часть выбрасываемой начинки заворачивают в тонкую бумагу (можно в несколько слоёв газеты) и укладывают на дно ящика. На него ставят квадратную крышку (2) с отверстиями, изготовленную из толстой фанеры, которую предварительно обрабатывают с обеих сторон пороховой подмазкой, припудривают мякотью и сушат. Затем протягивают в отверстия крышки куски стопина, фиксируют их с обратной стороны петлями либо узлами и связывают между собой в единый огневой шнур (3) длиной до полуметра. Одевают на воспламенительный шнур проводную гильзу (4) и укладывают на крышку швермеры и пчёлки (5) стопинами вниз либо огненные звёздки, слегка присыпанные мякотью. Над ними плотно укладывают пачку старых газет (6) и обклеивают горловину плотной бумагой (7), пропуская в отверстие огнепровод с прикреплённым фонтаном (8), выполняющим роль замедлителя.

Перед использованием фугасный ящик в целях безопасности зарывают в землю с землёй.

Поджигание стопина приводит в действие фонтан, который позволяет удалиться на безопасное расстояние. Благодаря коническому строению фугасного ящика, его содержимое после взрыва в отличие от бураков разбрасывается довольно широко, образуя очень эффектный свод из живого огня. Чтобы швермеры взрывались не одновременно, их лучше набивать на разную высоту.

### 28.13. Весёлый шар

**П**ряхните стариной после ошибок молодости с неудавшимися взрывпакетами, изготовленными из спичек на деньги от школьного завтрака. **Люсткугель** (**лейсткугель**) лучше всего подойдёт для такой реабилитации. Сегодня немногие знают это название: обычно **разрывные шары со светящимися звёздками** просто называют «фейерверком», потому что без них не обходится ни один праздничный салют. У нас же в старину их называли «**бомбами**», от которых в тот момент они действительно мало отличались, хотя словный перевод этого слова с немецкого «**весёлый шар**» подходит больше всего.

Без сомнения, они производят грандиозный эффект, хоть и очень кратковременный. После сильного выстрела высоко в небе вырисовывается винтообразная огненная линия, вершина которой вдруг рассыпается на множество цветных пламенных звёздочек, ярко освещая местность и превращая на несколько секунд тёмную ночь в утреннее зарево.

Обычно, калибр бомб составляет от 8 см до 30 см. Начнём с меньшего. Технология их изготовления напоминает производство разрывных звёздок методом папье-маше, описанным выше.

Деревянный шар диаметром 8 см, натёртый сухим мылом или тальком, заворачивают в 2 оборота тонкой бумаги и обклеивают полосами из газеты, пропитанными клейстером, пока наружный диаметр не составит 9 см. После сушки бумажную оболочку разрезают острым ножом на две равные половинки (лучше не до конца, а только так, чтобы извлечь шаблон). В одной из створок делают отверстие диаметром 12 мм, после чего торцы смазывают kleem и сформированный шар обклеивают холщовой полосой или бумагой. Что-

бы бомба получилась ровная и аккуратная, её лучше несколько раз обмазать kleem и обкатать в опилках.

В принципе, производство «пулусферок» можно упростить, за-казав токарю выточить их из дерева или сделать под прессом из термостойкой пластмассы. Следует иметь в виду, что деревянные шары иногда раскалываются ещё, не взлетев в воздух, а рекомен-дуемые из жести или латунных пластин, представляют определён-ную опасность при взрыве. Поэтому всё же лучше освоить технику папье-маше.

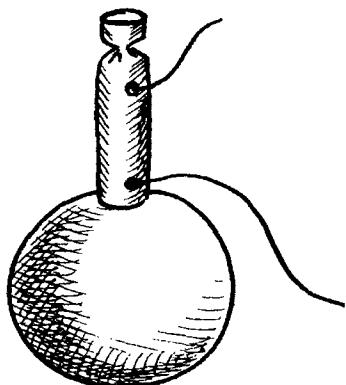
В тщательно высушенный полый шар через отверстие всыпают звёздки и 15-20 г дымного пороха. Превышать это количество не желательно, так как из-за быстрого взрыва часть звёздок может не успеть воспламениться.

В качестве **дистанционной трубки** (цейтцондера или запала) используют фонтанную гильзу калибром 12 мм и длиной 5 см. От-верстие шейки затыкают бумажной пробкой и забивают гильзу по-роховой мякотью, слегка ослабленной мелким древесным углем (например, сост. 1572). Торец цейтцондера заклеивают тонкой бу-магой, а сбоку высверливают два от-верстия диаметром 3-4 мм. Первое –

прямо над бумажной пробкой ближе к шейке, второе – от него на расстоянии 12 мм так, чтобы до торца ещё остава-лось 25 мм. Дистанционную трубку, подмазанную клейстером, вставляют заклеенным концом в отверстие шара на глубину 2 см так, чтобы боковые от-верстия выходили наружу. В то из них, которое ближе к шейке, вставляется стопин метровой длины. Второй огне-провод делается покороче (30-40 см).

Для надёжной фиксации их подмазывают пороховой мякотью и подклеивают бумажными полосками.

Дистанционную трубку можно сделать и по-другому. Из дерева вытачивают цилиндр (1) диаметром 13 мм и длиной 3,5 см с утол-щением (2) на конце высотой в 1,5 см и диаметром 20 мм. Его про-сверливают по оси, а образовавшийся сквозной канал (3) диаметром

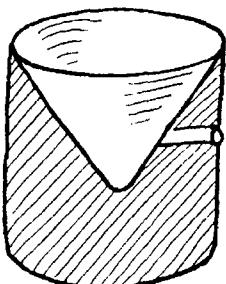
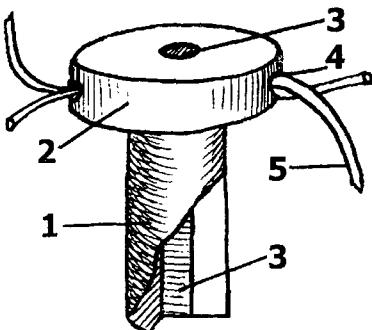


6-7 мм плотно забивают пороховой мякотью. Точно через центр просверливают головку цилиндра и в отверстие (4) продевают длинный кусок стопина (5), который фиксируют отрезком поменьше. Готовый запал вставляют в отверстие начинённого шара до упора головки, нижнюю часть которой предварительно смазывают kleem.

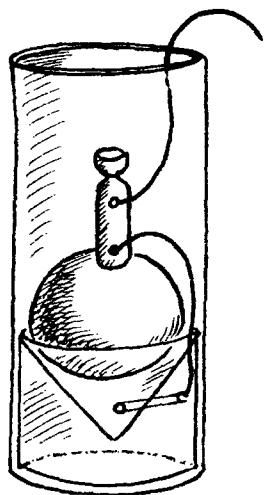
Стартовую (пороховую) камеру проще всего приготовить из деревянного цилиндра длиной 10 см, диаметр которого совпадает с размерами шара. С торца такого бруска вытаскивают конусное отверстие, а к основанию полученной воронки просверливают отверстие диаметром 4 мм. В эту воронку засыпают дымный порох, в количестве 1/3-1/5 части от веса начинённого шара, в зависимости от высоты на которую хотят его поднять. Следует иметь ввиду, что с увеличением калибра люсткугелей, вышибной заряд снижают до 1/10. На порох накладывается несколько кружков тонкого войлока, а затем и сама бомба, которую подклеивают по периметру бумагой к поддону. Короткий огнепровод от дистанционной трубы вводят в стартовую камеру через боковое отверстие.

Пороховую камеру несложно приготовить из подручных средств. Вполне подойдёт жестяная банка от растворимого кофе или съеденной консервы, а также колпачок от любимого дезодоранта. Наконец, её можно скатать из проклеенной полосы бумаги (например, для оклейки окон), при этом лишнюю выступающую часть можно даже не отпиливать.

Приготовленный люсткугель закладывают дистанционной трубкой вверх в наполовину зарытую в землю мортиру длиной около 90 см и диаметром 10 см. Если поджечь выступающий из дула стопин, он воспламенит цейтюндер и второй огнепроводный шнур. Взрыв пороха в стартовой камере выбросит горящий люсткугель



метров на 100 вверх. Войлочные пыжи предохранят его от деформации при выстреле. Выгорание начинки дистанционной трубы приводит к воспламенению светящихся звёздок и взрыву оболочки в высшей точке полёта. Круглая форма взлетающего контейнера способствует равномерному разбросу горящих шариков. Конструкция замедлителя с принудительным воспламенением от огнепроводного шнура, а не пороховыми газами, позволяет исключить «слепые» выстрелы. Высота взрыва регулируется длиной начинки дистанционной трубы и корректируется по опыту, хотя лучше её сделать чуть короче, чем длиннее, ведь тогда весёлый шар взорвётся не на земле. На всякий случай направьте мортиру в сторону от зрителей и тем более от их автомобилей.



### *28.14. Светла от бомб ночь летняя была*

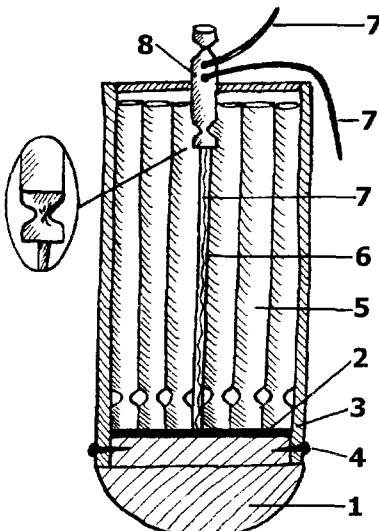
По своей конструкции светящиеся бомбы напоминают обычные лунсткугели, только каждая из них снаружи покрывается горючим составом. Для этого склеенный шар обмазывают клейстером, катают в цветном пламенном составе и сушат в тёплом месте, но так, чтобы температура не превышала 40°. Процесс повторяют 4-5 раз до значительного нарастания горючего слоя, который после окончания сушки должен стать твёрдым и не осыпаться. Выравнивают отверстие, засыпают в шар звёздки с порохом и вклеивают дистанционную трубку. Стопин из цайтцондера без проводной гильзы несколько раз обматывают вокруг бомбы. Изделие заворачивают в писчую бумагу и склеивают её с заряженной стартовой камерой, к которой подсоединен конец этого стопина.

Остаётся вложить такую бомбу в мортиру камерой вниз и поджечь второй стопин, выступающий из жерла. Огонь воспламенит дистанционную трубку, затем поверхностный пламенный состав и, наконец, пороховую камеру. Шар взлетает в виде горящего болида,

оставляя подобно комете красивый пламенный шлейф и разрываясь на мелкие огненные звёздочки.

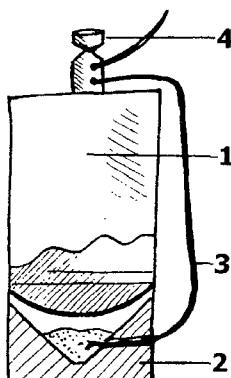
## 28.15. У меня внутри сюрприз

**Б**омба со швермерами представляет собой продолговатый футляр для кучной доставки швермеров на орбиту. На деревянном навойнике диаметром порядка 8 см катают картонную гильзу с толщиной стенок в 1 см и длиной около 15 см. Дно футляра формируют из закруглённого деревянного цилиндра с фаской (1), который проще заказать токарю, но не трудно сделать самому из обрезков того же навойника. Внутренний торец цилиндра обильно смазывают пороховой подмазкой (2), вставляют в гильзу (3) и для прочности фиксируют мелкими гвоздями (4). Гильзу наполняют швермерами (5) головками к подмазке и вставляют проводную трубку (6) с вложенным и загну-т



тым у основания стопином (7). Второй конец стопина входит в дистанционную трубку (8), которая крепится картонными пыжами с центральным отверстием. Дополнительный пороховой состав для разрыва контейнера обычно не применяется, так как достаточно действия зажигательной подмазки на дне цилиндра и в головках швермеров.

Готовый контейнер (1) склеивается полосой бумаги со стартовой камерой (2), в которую предварительно всыпан порох в объёме 1/4-1/6 от массы «снаряда». Они со-

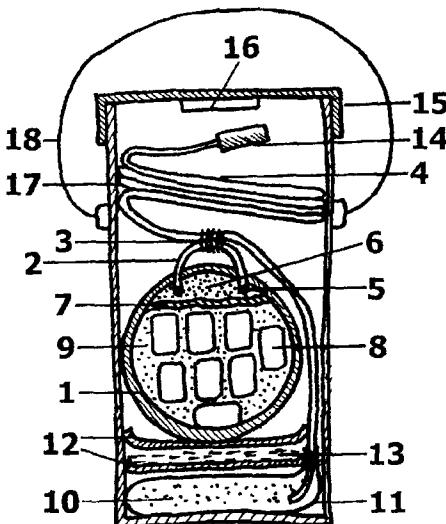


единяются коротким стопином (3) от дистанционной трубыки (4).

Достигнув высшей точки полёта после выстрела из мортиры, такая бомба даёт винтообразную пламенную струю и внезапно выбрасывает кистью швермеры, которые огненными змейками разбегаются по небу, взрывааясь в конце горения.

## 28.16. Кому не спится в ночь глухую?

**И**нтересной разновидностью люсткугелей являются армейские 107-мм сигналы ночного действия советского образца, долгое время применявшиеся в войсках. Их строение приводится для общего ознакомления. Они несложно готовятся по принципу, описанному выше, хотя и несколько отличаются по конструкции. Сам снаряд представляет шар (1) наружным диаметром 10,5 см, состоящий из двух картонных полусфер. В одну из них вклеен согнутый в виде дуги кусок бикфордового шнура (2) общей длиной 7 см. Середина его (3) на участке 1 см срезается до горючей сердцевины. К ней приматывается стопиновый провод (4) также открытой частью. Остальной же огнепроводный шнур вкладывается в бумажную трубку. Концы замедлителя из бикфордового шнура покрываются пороховой подмазкой (5). Внутрь полушиария помещается 2 г дымного зернистого пороха (6), который крепится к картонной стенке миткалевым кружком (7). В шар укладываются 7-12 сигнальных звёздок (8), а промежутки между ними заполняют обрезками стопина (9). Снаружи шар для большей прочности оклеивают бумагой и холстиной, особенно укрепляя



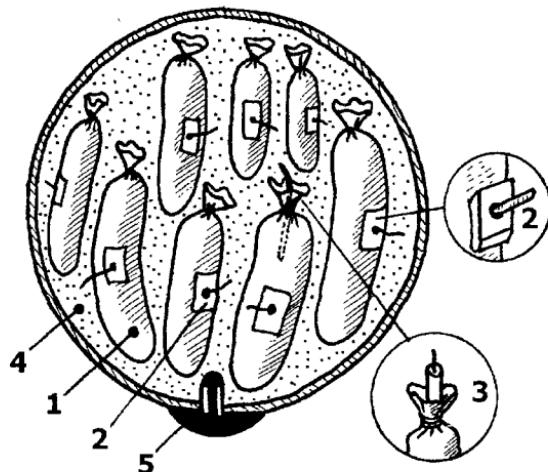
нижнюю часть. Вес такого люсткугеля составляет 750 г. Для его отстрела применяют вышибной заряд из 125 г дымного пороха (10). Его помещают в миткалевый мешочек (11), подвязанный к проводной трубке стопина (4). Поверх вышибного заряда укладываются два слоя гофрокартона (12), переложенных войлочными обрезками (13) для смягчения удара пороховых газов. Для удобства пользования запальний конец стопина покрывают тёрочным составом (14) и закрывают бумажным колпачком, а к внутренней стороне крышки (15) подклеивают тёрку (16). Гильза такой мортиры составляет в длину 19 см и выполнена из плотного картона. Для её переноски подклеена ручка из тесьмы (18).

Воспламенение стопина приводит через 8 с к зажиганию дуги замедлителя и срабатыванию вышибного заряда, выбрасывающего шар на высоту 200 м. Время горения замедлителя около 3 с. Сигнальные звёздки без парашюта обычно горят 7 с и видны на расстоянии 15 км.

## 28.17. На службе цветные облака

**К** сожалению, в светлое время суток традиционные световые сигналы не столь эффективны, особенно на большом расстоянии. В связи с этим иногда применяют так называемые «цветные сигналы дневного действия». Конструктивно они мало отличаются от описанных выше разновидностей люсткугелей, однако для их снаряжения вместо горючих составов используются смеси цветного дыма.

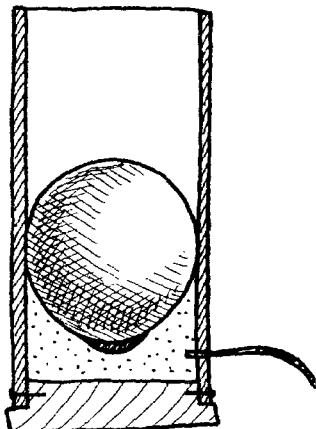
Картонный шар заполняют дымообразователем в хлоп-



чтобумажных мешочках (1), предварительно пропитанных огнестойким раствором. Каждый мешочек имеет свой воспламенитель (2). Обычно – это деревянная колодочка, в которую вклеен кусок стопина длиной 1-2 см, либо это фрагмент огнепроводного шнура, вставленный в затянутую горловину (3). Для зажигания таких дымовых «шашек» в шар засыпают до 20 г дымного пороха (4), а в качестве дистанционной трубы вклеивают бикфордов шнур длиной 2-3 см или деревянную накладку с отверстием диаметром 4-5 мм, набитую пороховой мякотью (5). Для повышения надёжности воспламенения, снаружи отверстие шара обильно покрывают пороховой подмазкой и припудривают порохом.

Люсткугели подобных конструкций без принудительного воспламенения дистанционной трубы выстреливают из мортир, имеющих отверстие у основания для установки стопина или электрозапала. Во избежание «слепых» выстрелов необходимо снаряжённый шар закладывать в мортиру строго пороховой подмазкой вниз. Это исключает применение войлочных пыжей для смягчения порохового удара, поэтому нижнюю половину картонного шара следует обклеивать очень тщательно, а вышибной заряд брать поменьше.

Шар взрывается на высоте 80-100 м. Очень красиво, когда из рукотворного белого облака, как гигантские щупальца разбрасываются длинные лапы цветного дыма. Ясным днём подобные сигналы видны на расстоянии 5-7 км.

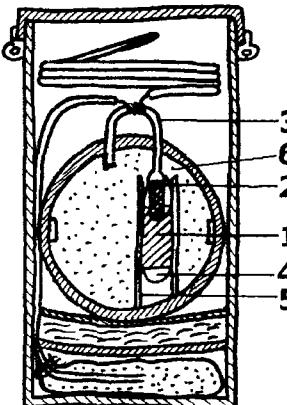


### 28.18. Угольный сигнал

*Y*дачным примером эффективного дневного сигнала, основанного на распылении тонкодисперсного окрашенного вещества, служат пиротехнические снаряды, заряженные измельчённым угольным порошком.

В армейских сигналах чёрного дыма для его распыления обычно применяется тетриловый детонатор (1), который срабатывает от капсюля (2), приводимого в действие бикфордовым шнуром (3). Распыляющее устройство укладывают в холщовый мешочек (4) и помещают в картонную трубку (5). Угольный порошок (6) засыпают непосредственно в шар.

На максимальной высоте снаряд громко взрывается, а угольная пыль образует хорошо заметное днём облако чёрного дыма.

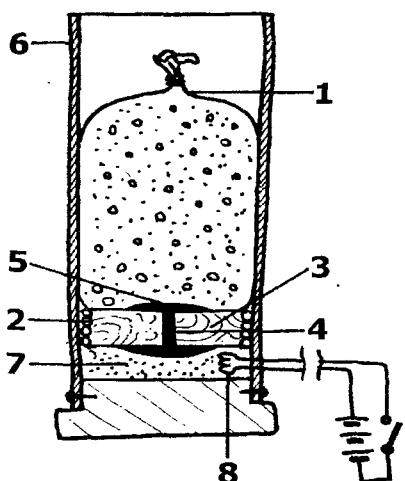


### 28.19. Бомбетки. Их и название

Свойственной формой пиротехнических снарядов, взрывающихся в воздухе, являются **бомбетки**. В значительной степени это облегчается лёгкостью их изготовления. Такие цилиндрические снаряды имеют холцовый корпус (1) и примотанное к нему шпагатом (2) деревянное основание (3). Его выпиливают в виде цилиндра толщиной 2,5-3 см. В центре просверливают канал диаметром 4-5 мм, выполняющий роль дистанционной трубы, забивают его пороховой мякотью (4) и обклеивают с обеих сторон зажигательной подмазкой (5).

В импровизированный мешок закладывают звёздки или швермеры и затягивают горловину шпагатом.

Бомбетка закладывается в мортиру (6) на пороховой заряд (7), куда вставлен стопин или электrozапал (8).



Подобные конструкции также широко используются в пиротехнике для имитации разрывов снарядов, например, в кино. С этой целью их снаряжают смесью магниевого порошка с дымным порохом (1:1, сост. 1631, табл. 79) или бертолетовой солью (1:1, сост. 1632) либо алюминиевой пудры с нитратом бария (1:1, сост. 1633). Если же хотят имитировать налёт бомбардировщиков, то добавляют пиротехнические свистки.

**Таблица 79. Пиротехнические смеси для имитации разрывов снарядов**

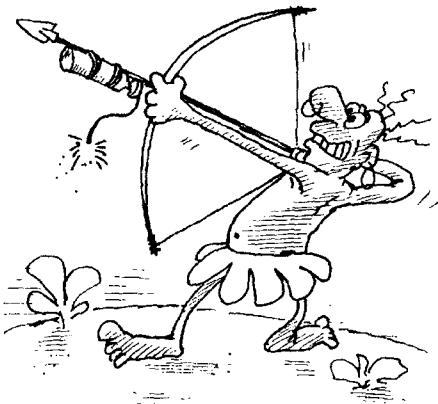
%	№	1631	1632	1633	455	456	462	463	471	480
Калия нитрат		38							50	
Калия хлорат			50		75	63				
Калия перхлорат							77	50		
Бария нитрат				50						74
Сера		6								
Уголь древесный		6								
Пороховая мякоть	50									
Алюминиевая пудра				50	25		23	50		26
Магниевые опилки	50	50	50			37			50	

## Глава 29. Дымилась, падая, ракета

### 29.1. История ракетоплавания

«Неприятности пережить легче, если доставить их другим», — решили восточные мудрецы и предложили первые ракеты в качестве боевого оружия. Так, уже в 969 г. в Древнем Китае были созданы «огненные стрелы» с пороховым двигателем из бамбука, забрасывающим их на 1000 шагов. Поначалу такие стрелы запускали из лука и даже бросали рукой.

Известно применение в «Небесной империи» «летающих ножей», «летающих копий» и даже «летающих мечей». Впечатляют грозные на-

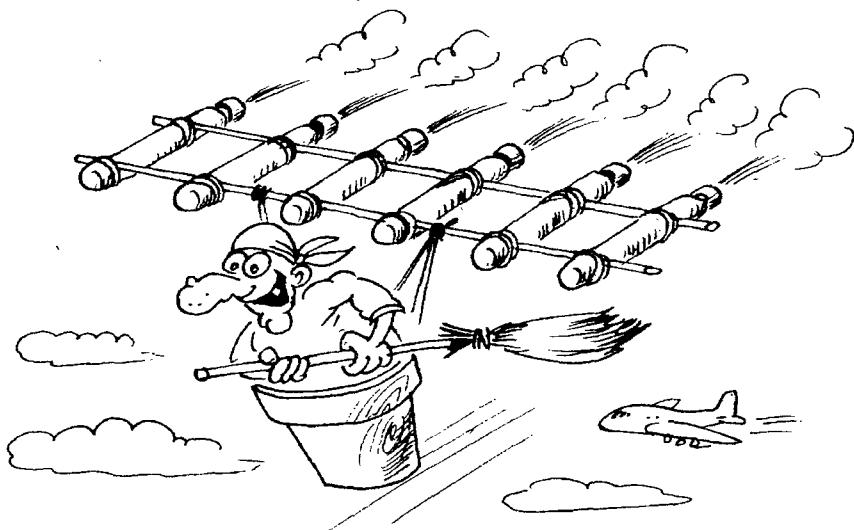


звания древних реактивных снарядов: «ракета, стреляющая метеорами», «летающий истребительный громоподобный снаряд», «стрела, рассеивающая 49 стрел», «священноогненный летающий ворон» или пакет из 32 ракет с недвусмысленным названием «пчёлы одного гнезда». Древнекитайская легенда описывает смертельную попытку изобретателя Ван-Гу взлететь в воздух на ракете.

С XIII в. это грозное оружие также широко используется арабами и монголами.

Завоеватели-крестоносцы первыми узнали действие разрывных ракет сарацинов на Ближнем Востоке. В рукописи турецкого учёного Хасан-ар-Раммаха (1235) подробно описывается действие и приводится рисунок трёхсопловой «ракетной торпеды».

Н. Г. Чернышёв (1949) высказал мысль о применении ракет в военных целях в Киевской Руси ещё в 946 г.



Появление в Европе первых ракет («летающий огонь») относится к 1250 г.

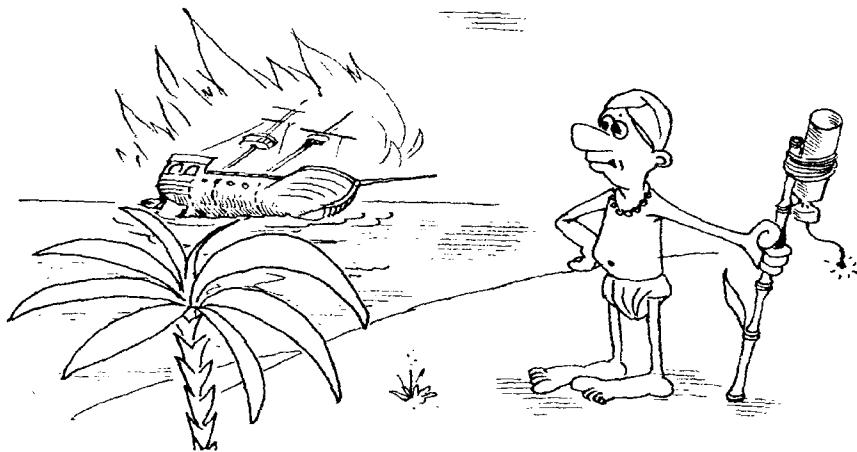
Первое документально подтверждённое применение боевых зажигательных ракет в Европе связано с осадой города Саанце (1421). Однако по мере усовершенствования артиллерийских орудий, ракеты стали утрачивать боевое значение и к XVI в. с военной целью практически не применялись.

«Пушечный мастер» Анисим Михайлов в «Уставе ратных, пушечных и других дел...» (1607-1621) приводит описание русских ракет того времени, которые «бегают, горят и представляют собою снаряды, заполненные пороховым зельем с полым каналом».

В книге литовца Казимира Семёновича «Великое искусство артиллерия» (1650) приводится описание и рисунки боевых ракет, в том числе многоступенчатых и с треугольными стабилизаторами.

С 1717 г. на «ракетном заведении» в Москве наложен выпуск осветительных однофунтовых ракет, способных взлетать на высоту до 500 сажен (1077 м). Эта отлаженная ракета просуществовала на вооружении русской армии почти 150 лет.

В конце XVIII в. английские колониальные войска столкнулись с эффективным действием индийских ракетных частей, что подстегнуло создание подобного оружия в Европе. Ракеты представляли собой железную или бамбуковую камеру с прессованным зарядом чёрного пороха, головным ядром и палкой-стабилизатором из стебля тростника.



Корпус ракетных стрелков князя Гайдера-Али, хана Мейсорского, в 1766 г. насчитывал 1200 человек, а в 1782 г. был увеличен до 5000 бомбардиров и представлял грозную силу, уничтожившую много гарнизонов и английских кораблей.

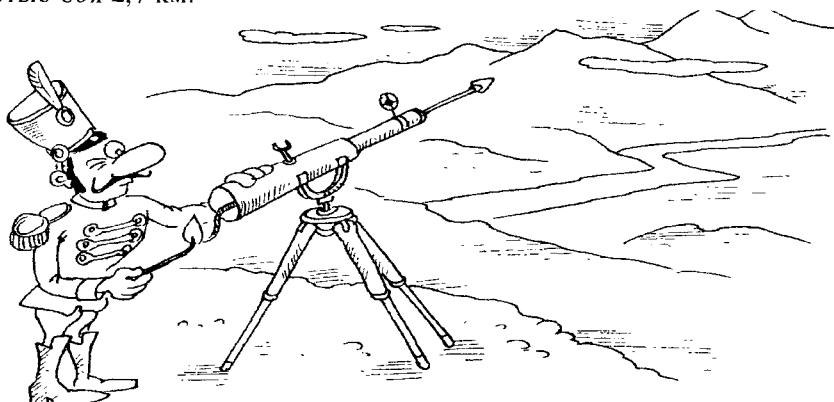
Индийские ракеты были усовершенствованы полковником английской колониальной армии инженером В. Конгревом (1772-1826). Ракеты его конструкции 1804 г. представляли собой металлические

гильзы, плотно набитые пороховым составом. Передняя часть их снабжалась ядром с зажигательной смесью. Полёт ракеты стабилизировался центральным «хвостом». Масса таких ракет составляла 5,1 кг и 12,3 кг, дальность их полёта достигала 3 км, а высота взлёта до 1 км.

После удачного использования ракет системы Конгрева при осаде порта Булони (1805-1806), Копенгагена (1807) и Лейпцига (1813) они были приняты на вооружение большинства европейских стран. Уничтожение всего Датского флота в ходе обстрела ракетами (более 40000 штук) вошло в историю как «сожжение Копенгагена».

Позднее датский капитан Шумахер предложил снабжать ракеты разрывным снарядом и для увеличения быстроты полёта высверливать в прессованном пороховом составе по оси пустоту.

Первые удачные конструкции боевых ракет в России были получены в 1814-1817 гг. независимо друг от друга членом Военно-учёного комитета И. Картмазовым и выдающимся учёным-артиллеристом генералом Александром Дмитриевичем Засядько (1779-1837). Боевая часть русских ракет изготавлялась отдельно и начинялась зажигательным либо «гранатным» составом. При этом использовалась боковая стабилизация. Ракеты выпускались трёх калибров 2, 2,9 и 4 дюйма как «верховые» по типу действия современного миномёта, так и «прикошетные» для прицельного обстрела с дальностью боя 2,7 км.



Ракетные установки А.Д. Засядько по боевым свойствам и маневренности превосходили современное ракетное вооружение, были

значительно дешевле английских, отличались простотой конструкции и эксплуатации. При этом они оказывали на противника помимо разрушительного сильное деморализующее действие, производя на активном участке траектории свист и оставляя пугающий огненный шлейф.

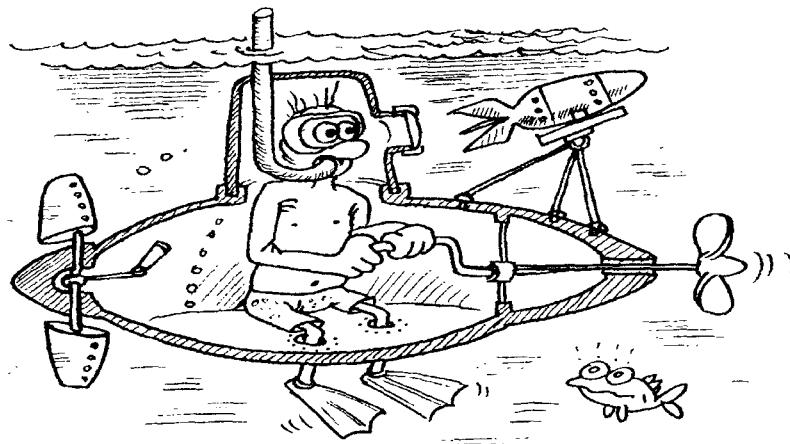
С 1823 г. на Охтинском пороховом заводе под руководством нашего соотечественника Массенберг-Турнера началось производство боевых ракет с центральной стабилизацией. А к 1825 г. первые российские «катюши» выпускали за один залп по 8 ракет.

В 1825-1827 г. боевые русские ракеты были успешно применены на Кавказе: в Ушаганском сражении, при осаде Ардavильской крепости и против турецкой кавалерии вблизи Алагеза.

Во время русско-турецкой войны 1828-1829 г. в Болгарии боевые ракеты широко применялись русской армией под Шумлой, при осаде Варны и Силистрии.

В 1834 г. русский военный инженер А.А. Шильдер (1785-1853) предложил для разрушения осадных сооружений фугасные реактивные снаряды с повышенным количеством пороха. Кроме того, он внедрил ракетные установки для подводных и надводных кораблей, для чего совместно с физиком Б.С. Якоби впервые разработал электрозапал.

Первая подводная лодка с ракетным вооружением была построена на Александровском литейном заводе в 30-е годы XIX в. и защищала устье Невы.



В конце 40-х годов XIX в. число боевых ракет, выпускаемых Петербургским ракетным заведением, исчислялось десятками тысяч.

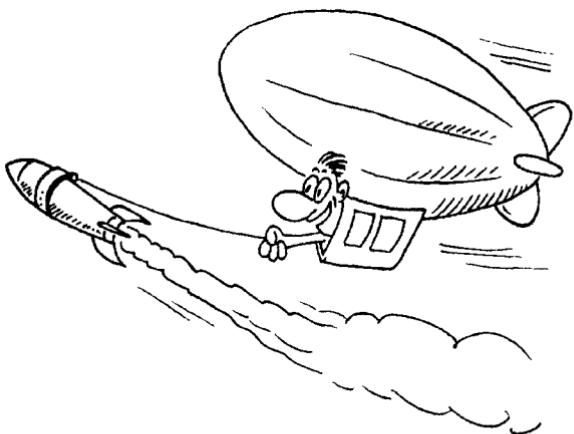
Выдающийся изобретатель генерал Константин Иванович Константинов (1818-1871) вывел российскую ракетную технику того времени на первое место в мире. Он развел теорию баллистики пороховых ракет, создал многочисленные установки для измерения скорости полёта, тяги двигателей, дистанционной запрессовки горючего и нарезки пороховых каналов. В 1848 г., развивая идею австрийских конструкторов, он внедрил в производство «крылатые» ракеты повышенной точности с боковой стабилизацией. Его пороховые ракеты образцов 1859, 1862 и 1863 гг. имели дальность полёта 5 км при максимальном отклонении 30 м.

Начиная с лета 1851 г. боевые ракеты стали неотъемлемой частью большинства экспедиционных отрядов. В 1853-1855 гг. ракеты успешно применялись в Западном крае, Армении, на Балканах и при обороны Севастополя.

В истории разработки боевых ракет встречаются многочисленные попытки стабилизации полёта за счёт вращения снаряда (в 1824 г. англичанин Парльби, в 1846 г. французский офицер Гоупиле, в 1845-1850 гг. Гейль в России). Однако во всех случаях уменьшение энергии поступательного движения приводило к снижению дальности полёта.

Инженер А.И. Шпаковский, работая в минных мастерских Кронштадта, создал в конце 70-х годов XIX в. первую в мире реактивную торпеду.

С 1871 г. выпуск российских боевых ракет переведен в Николаевское ракетное заведение на Украину. Ещё в 1849 г. русский воен-

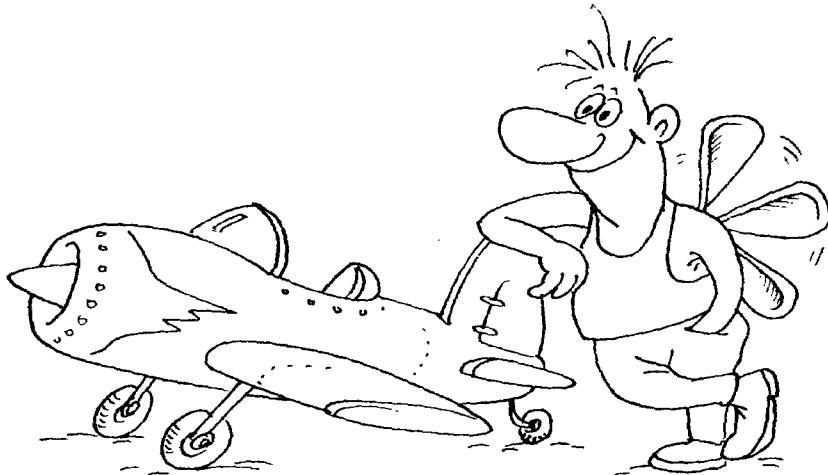


ный инженер И.И. Трететский (1821-1895) разработал конструкцию летательного аппарата, приводимого в движение пороховыми газами.

В 60-е годы XIX в. Н.М. Саковнин создал проект управляемого аэростата с реактивным двигателем.

Обнаруженные в 1950 г. черновики свидетельствуют, что талантливый изобретатель С.С. Неждановский ещё в 1880 г. разработал реактивный летательный аппарат, способный перемещать человека по воздуху в течение 5 минут.

Древняя рукопись турецкого путешественника, хранящаяся в Стамбульской библиотеке, свидетельствует, что якобы ещё в 1632 г. изобретатель Ахмед Гелеби во время праздника, посвящённого дню рождения дочери султана, поднялся в воздух на семизарядной ракете и плавно опустился на искусно сделанных крыльях, предварительно испытанных полётом с высокой башни. На этот же факт ссылается англичанин Д. Вилкинсон в своей книге «Открытие нового мира», изданной в Лондоне в 1638 г.



В марте 1881 г. был казнён за покушение на царя Александра II уроженец города Чернигова революционер-народоволец Н.И. Кibal'chich (1853-1881). Перед смертью в заключении в Петропавловской крепости он описал строение воздухоплавательного прибора тяжелее воздуха, приводимого в движение реактивным пороховым

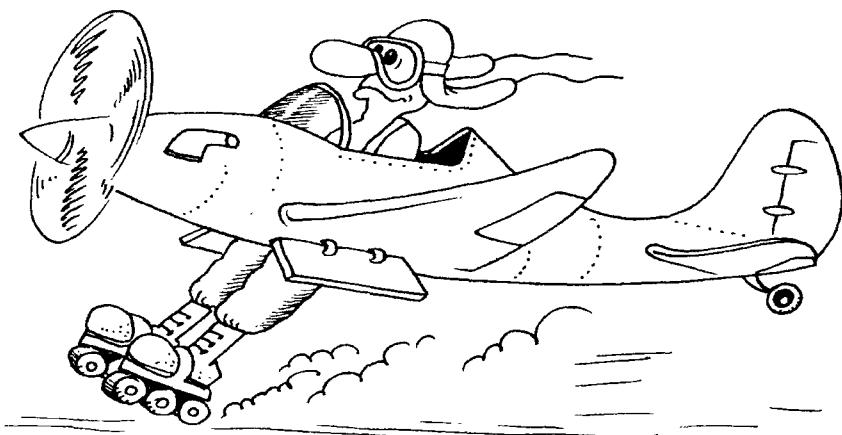
двигателем с изменяемым углом наклона. До 1917 г. этот документ хранился в секретных архивах департамента полиции.

В 1886 г. инженер А.В. Эвальд в Петербурге провёл испытание первой модели реактивного самолёта на пороховом двигателе.

С 1887 г. производство ракет в связи с выдающимися успехами российской нарезной артиллерии было в очередной раз временно прекращено, хотя исследования в этой области продолжались.

Так, в 1889 г. штабс-капитан Карсо-Александровской крепостной артиллерии Андреев предложил более точные ракеты с трубчатой хвостовой стабилизацией.

М.М. Поморцев в продолжение работ Эвальда разработал «реактивный планер» повышенной дальности полёта (1902), многочисленные конструкции боевых ракет с трубчатыми и кольцевыми стабилизаторами, а также пневмракеты. Реактивные аппараты его конструкции при весе 12 кг имели прицельную дальность полёта до 9 км.



В конце XIX в. начале XX в. создаётся глубокая теоретическая база ракетостроения. В 1882 г. «отец русской авиации» Н.Е. Жуковский (1847-1921) разрабатывает теорию реактивной тяги, в 1897 г. И.В. Мещерский (1859-1935) – динамику точки переменной массы, Константин Эдуардович Циолковский (1857-1935) – теорию полёта в межпланетном пространстве. Одно только название его книги «Исследование мировых пространств реактивными приборами», не

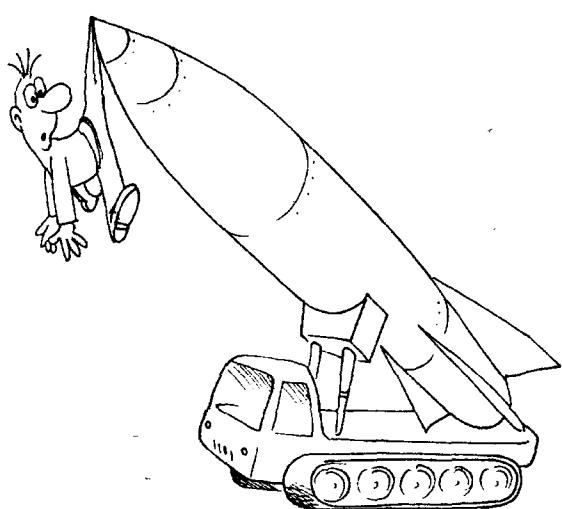
говоря о самой идее покорения космоса, на то время позволило обывателям прозвать его «калужским чудаком».

У истоков мирового ракетостроения стояли Ф.А. Цандер, Ю.В. Кондратюк (1897-1941), В.П. Ветчинкин (1888-1950), А.А. Рыпин (1877-1942), Р. Эспо-Пельтери (Франция), Г. Оберт и В. Гомен (Германия), Ф. Улинский, фон Пирке и Ф. фон Гефт (Австро-Венгрия), Р. Годдард (США).

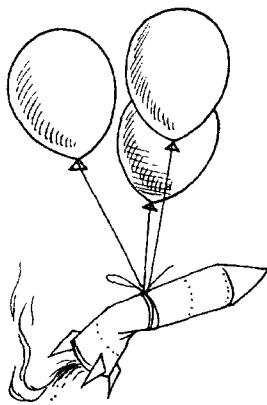
Особо важным изобретением, обеспечившим повышенную точность боевых реактивных снарядов, явилась разработка в 1909-1912 гг. инженером Н. В. Герасимовым «гироскопической» ракеты, особую устойчивость которой в полёте придавали две врачающиеся турбины (гироскоп).

Смелый эксперимент выполнил в 1913 г. Р. Лоу в США. Взлетев на пороховой ракете на 12 метров с 10 метровой вышки, «космонавт» благополучно приземлился на полураскрывшемся парашюте.

В 1914 г. талантливый американский учёный-изобретатель Роберт Годдард разработал двухступенчатую ракету, хотя ещё в 1824 г. Ф.С. Челев, обобщая опыт



С.-Петербургской артиллерийской лаборатории, описал строение и принцип действия подобного летательного снаряда.



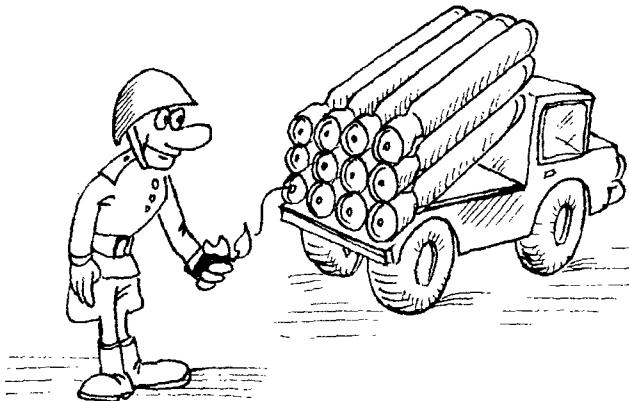
Р. Годдарду принадлежит приоритет в создании реальной ракеты на жидком топливе. 16 марта 1926 г. его кислородно-водородный аппарат без корпуса, больше напоминавший металлическую этажерку, двигаясь под углом к горизонту, в течение 2,5 с и высоте взлёта 13 м пролетел 56 м. Лишь в октябре 1931 г. ему удалось создать модель жидкотопливной ракеты массой 18 кг и длиной 2,5 м, но на высоте 500 м она взорвалась.

17 октября 1933 г. совершила полёт первая советская жидкостная ракета «09» конструкции Героя Социалистического труда профессора М.К. Тихонравова (1900-1974), работавшая на жидком кислороде и желеобразном бензине. Имея массу 19 кг, она взлетела на высоту 400 м.

К середине 1938 г. была разработана 16-зарядная наземная реактивная установка по типу предложенной И.В. Воловником ещё в 1912 г. Она монтировалась на автомобиле высокой проходимости ЗИС-5.

Уже к лету 1939 г. появились первые шесть опытных установок БМ-13СН с ракетами калибром 132 мм. Их сокрушающий залп занимал всего 7-10 с и в 16 раз превосходил производительность ствольных артиллерийских дивизионов. Ракетный снаряд М13, разработанный И.И. Гваем, В.Н. Галковским, А.П. Павленко и А.С. Поповым имел стартовый вес 42,5 кг и скорость полёта 355 м/с.

Последние испытания гвардейского миномёта, получившего в народе ласковое название «Катюша», состоялись на кануне Великой Отечественной войны и 21 июня 1941 г. Государственная комиссия комитета обороны приняла её на вооружение.



Эффективность нового оружия через три недели оценили фашисты, когда 14 июля 1941 г. в 15 часов 15 минут экспериментальная батарея под командованием слушателя академии им. Дзержинского капитана И.А. Флёрова залпом из 112 ракет в течение минуты стёрла с лица земли железнодорожный узел Оршу со скопившимися эшелонами противника. За «чудо-оружием» русских устроили настоящую охоту и 7 октября 1941 г. в полном окружении батарея приняла последний бой. И.А. Флёров успел подорвать пусковые установки и геройски погиб.

Уже в августе 1941 г. появилась 36-зарядная боевая установка БМ-8 для стрельбы 82-мм осколочными ракетами. К концу 1942 г. на вооружение поступил 310-мм реактивный снаряд М-31 с дальностью полёта 4300 м. А в начале 1944 г. войска

стали получать ракеты М13УК и М31УК с дальностью обстрела 4000 м и 7900 м.

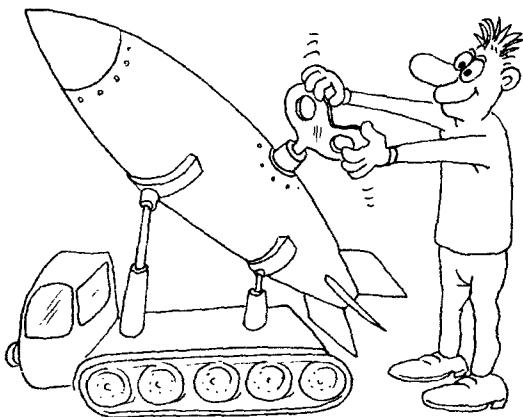
Разработанные в Германии ракеты были в основном турбореактивными и запускались прямо из деревянной тары. Также применялись шести-, а позднее восьмиствольные миномёты,

которые устанавливали на танках и бронетранспортёрах, однако по мощности залпа сравняться с «Катюшами» они не смогли.

На вооружении Германии использовались зенитные ракеты «Люфтфауст», ракета-матка «Рейнкинд», управляемая твердотопливная ракета «Рейнтохтер» R-IIIR малого радиуса действия, надкалиберный ракетный противотанковый снаряд «Фаустпатрон».

Для обстрела Лондона немцы применили самолёт-снаряд V-1 с пульсирующим воздушно-реактивным двигателем и жидкотопливную ракету V-2.

В США в конце войны появились противотанковые ружья «Базука» и «Супербазука», выпускающие ракеты с кумулятивным заря-



дом на 50-150 м. Для поражения воздушных целей был создан зенитный управляемый реактивный снаряд «Литл Джо» массой 445 кг и дальностью полёта 16 кг.

Японцы против американских надводных кораблей применяли реактивный снаряд «Бака», управляемый человеком самоубийцей («камикадзе»).

В Англии для поражения воздушных целей разработали неуправляемый реактивный снаряд «Z» образца 1938 г., калибром 76 мм и весом 22,4 кг.

В послевоенный период на вооружении наших воздушно-десантных частей поступила шестнадцативольтная облегчённая ракетно-пусковая установка РПУ-14 для стрельбы снарядом М-14.

Один из первых отечественных образцов противотанкового управляемого реактивного снаряда (ПТУРС), запускаемый с подвижной пусковой установки, пробивал броню толщиной 300 мм на расстоянии 2 км.



Приоритет в разработке межконтинентальных баллистических ракет в послевоенном мире принадлежал США и СССР. В СССР эту работу возглавлял уроженец Житомира Сергей Павлович Королёв (1906-1966), который с 1932 г. руководил Группой изучения реактивного движения (ГИРД), а в США – создатель германской бал-

листической ракеты V-2 Вернер фон Браун. Запуск первого советского искусственного спутника Земли (4 октября 1957 г.) весом 83,6 кг и первого космонавта мира Юрия Алексеевича Гагарина (12 апреля 1961 г.), а также выдающиеся полёты американских астронавтов на Луну лишь подхлестнули давний спор.

## 29.2. Изволите заправиться?

**О**сновным ракетным составом вплоть до начала XX в. являлся дымный порох (табл. 80, 81). Он применялся как в чистом виде, так и в смесях, ослабленных введением древесного угля и серы (сост. 1634 – 1664). Движущая сила таких ракет регулировалась, прежде всего, диаметром сопла и длиной полого канала у его основания, так как давно известно, что эта величина прямо пропорциональна силе состава и обратно пропорциональна плотности его набивки.

**Таблица 80. Наиболее популярные ракетные составы конца XVIII в. начала XIX в.**

Г \ №	1634	1635	1636	1637	1638	1639	1640	1641	1642	1643	1644	1645
Пороховая мякоть		3		6	32	16	24	20		2	16	30
Калия нитрат	9	2	32	4	5	16	24	17	8	2	16	26
Сера	2	1	6,5	1	1			3	2			3
Уголь древесный	3		14	2	6	7	11	7	2,5	1	7,5	10,5

Источник литературы	M.В.Данилов. До-вольное и ясное показание, по которому ... делать всякие фейерверки и иллюминации. М., 1779, с. 8	A.П.Демидов. О про-исхождении увесели-тельных огней, изобре-тении пороха и схема-тическое описание ракетных павильонов. СПб, 1820. 1821	A.Маркевич. Руко-водство к артилле-рийскому искусству. СПб, 1820

Г \ №	1646	1647	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654
Пороховая мякоть					4	8		8	32
Калия нитрат	10	9	12	24	4,5	6	24	8	27
Сера	5	4,5	3,5	4,5	0,5	0,5	6		3
Уголь древесный	3,5	3	3,5	7	2,5	4,5	8	3,5	10,5
Источник литературы	Ф.С.Челеев. Полное и подробное наставление о составлении увеселительных огней, фейерверками именуемых. СПб, 1824, с.9							В.Н.Сокольский. Ракеты на твёрдом топливе в России. М., 1963, 286 с.	

**Таблица 81. Некоторые ракетные составы второй половины XIX в. и начала XX в.**

Страна, г №	Франция		Австрия	Россия			
	1655	20	32	21	1656	1657	1658
Калий нитрат	62	75	72	75	68	18	18
Сера	18	12,5	14	10	9	5	3,5
Уголь древесн.	20	12,5	14	15	23	8	5,8
Примечание	Для дальнего полёта, слабый	Очень сильный	Военный ракетный порох	Для боевых ракет системы Константина	Для больших калибров	Для малых калибров	
Источник литературы	К.И.Константинов. Боевые ракеты. В кн.: «Артиллерия». СПб, 1857, с. 244-277					ЦГВИА, ф.35, оп.4/245, св.188, д.65, лл.41-47 об.	

Страна, г №	Россия						
	1659	1660	1661	1662	1663	1664	28
Калий нитрат	68	75	72	72	72	52	62
Сера	13	10	14	14	14	30	20
Уголь древесн.	19	25	18	16	20	18	18
Примечание	Для 2-дюймовой боевой ракеты в 10 фунтов	Николаевское ракетное заведение 70-е гг. XIX в.				Охтенский пороховой завод	
		Слабый	Сильный	Очень сильный	Основной	Для «кироскопических» ракет Герасимова	
Источник литературы	Ф.А.Брокгауз. Энциклопедический словарь. С.Петербург, 1897, «Пиротехния»	Журнал артиллерийского комитета №193 от 16.12.1871 г. Арх. АИМ. ф. Арткома, оп. 39/10-1, д.489, лл.1-7				Журнал комиссии от 3.07.1912 г. Арх. АИМ. ф. Арткома, оп. 39/3, д. 577, лл. 342	

Появление более эффективных видов реактивного топлива почти вытеснило дымный порох в военном, а тем более космическом ракетостроении. Хотя, при обслуживании фейерверков без него не обходится ни один запуск.

Начиная с 1894 г. разработкой альтернативного горючего для отечественных ракет занимался инженер-химик Н.И. Тихомиров (1859-1930).

В 1912 г. он предложил заменить низкокалорийные форсовые составы ракет на бездымный порох.

В 1915 г. известный баллистик преподаватель артиллерийской академии И.П. Граве разработал ракету собственной конструкции

на прессованных пироксилиновых шашках. Дальность её полёта увеличилась почти в 10 раз. Выпуск таких реактивных снарядов практически сразу же был налажен на Шосткинском ракетном заводе, а вот известную киноплёнку стали выпускать в этом городе позднее.

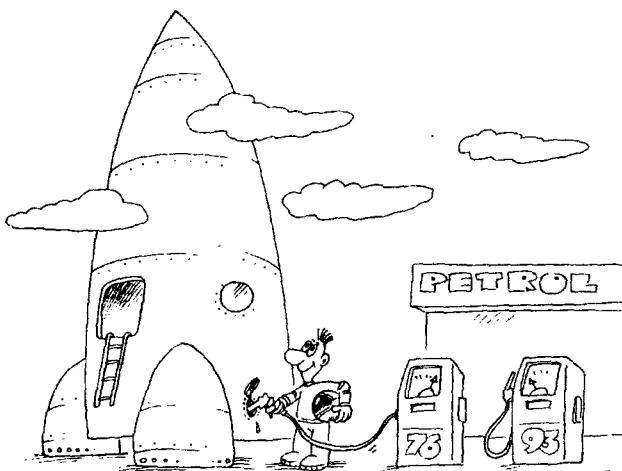
В современных ракетах применяют два вида двигателей: **жидкотопливные** (ЖРД) и **твёрдотопливные** (РДТТ).

Обслуживание твёрдотопливных ракет обходится в десятки раз дешевле, хотя сами компоненты такого топлива в 5-6 раз дороже жидкого. Паспортный срок хранения РДТТ при стабильной температуре составляет десятки лет, жидкотопливные же ракеты в заправленном состоянии могут находиться, как правило, не более месяца (а то и несколько дней) и требуют постоянной перезаправки.

В силу специфики этой книги нас больше будут интересовать твёрдые виды ракетного топлива (ТРТ). Они делятся на два основных класса: **коллоидные** (гомогенные) и **смесевые** (гетерогенные).

Первые представляют собой твёрдые растворы нитратов целлюлозы в нитроэфирах (нитроглицерине, нитрогликоле, нитродигликоле, расплавленном динитротолуоле и др., табл. 82). Такие коллоидные системы представляют собой разновидности пироксилиновых порохов: кордита и баллистита, описанных выше.

Как и обычный беззымный порох, они содержат в качестве стабилизаторов централиты либо дифениламин, связывающие выделяющиеся при хранении окислы азота, предотвращая самовоспламенение составов.

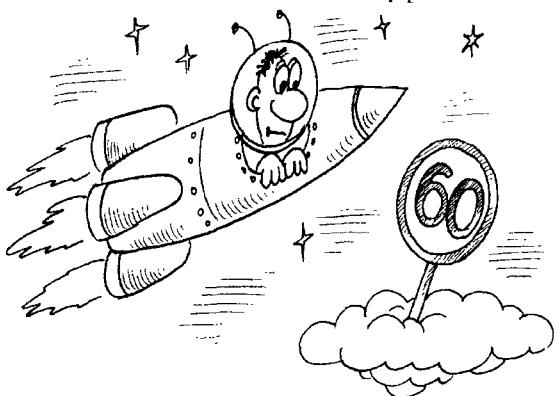


**Таблица 82. Составы некоторых коллоидных видов твёрдого ракетного топлива (ТРТ)**

№	1665	1666	1667	1668	1669	1670	1671	1672	1673	1674	1675
	США								ФРГ	СССР	
	%	JP	JPN	SC	HES-4016	M-8	M-13	T-6	MK 18	R-61	H
Нитроцеллюлоза	52,2	51,5	50	54	52,2	57,4	55,5	53,62	61,5	57	54
%N	13,25	13,25	12,2	13,25	13,25	13,15	12,2	13,23	12,5	12	12
Нитроглицерин	43	43	41	43	43	40	27	43		28	27
Динитротолуол							10,5			11	15
Дизтиленгликольдинитрат									34		
Централиты		1,0	9	3	0,6	1	4	0,75	3,5	3	
Дифениламин	0,4										
Калия сульфат		1,2				1,5		0,82			
Калия нитрат	1,2										
Воск		0,08									
Вазелин							1	0,41		1	2
Сажа	0,2	0,22				0,05		0,22			
Графит							0,5				
Магния оксид									0,5		2
Дизтилфталат	3,0	3,0			3			1,18			
Прочие присадки					1,2	0,02	1,5		0,5		

Для увеличения скорости сгорания и снижения минимального давления, необходимого для устойчивого горения в такое топливо добавляют присадки-катализаторы: окислы свинца и титана; сульфат, нитрат, хромат и бихромат калия; сульфат бария, сажу и даже графит. Стабилизаторы составов также являются эффективными катализаторами их горения.

Введение в такие композиции различных пластификаторов (воск, вазелин, минеральное и касторовое масло, трикрезилфосфат и др.) повышает их термопластичность, снижая чувствительность к детонации.

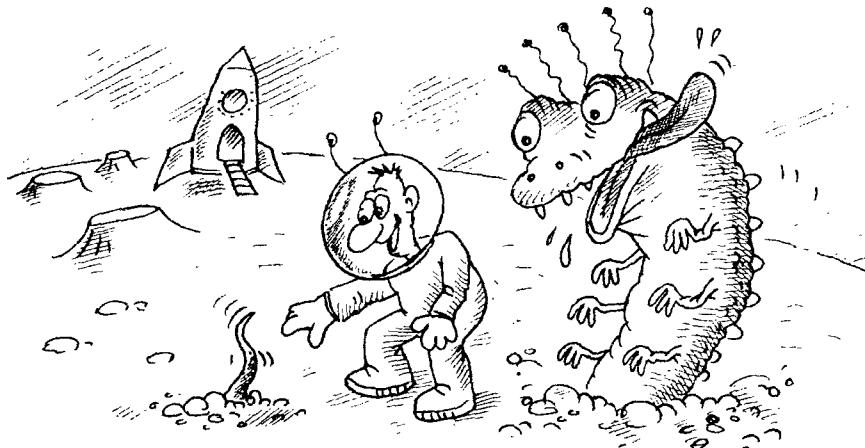


Уменьшить взрывоопасность коллоидного топлива от механического воздействия также позволяют флегматизирующие добавки оксидов магния и марганца.

Добавление диэтил- и дибутилфталата в ракетные составы способствует снижению их гигроскопичности.

 || Поскольку эти эфиры входят в репелент ДЭТА для отпугивания насекомых, интересно узнать, как ведут себя комары в зоне пуска таких ракет?

В последние 30-40 лет смесевые типы ракетного горючего значительно потеснили нитроцеллюлозные составы. Это связано с разработкой высококалорийных компонентов, а также облегчением технологии производства топливных шашек методом литья, взамен трудоёмкого прессования ракетных баллиститов и кордитов.



Современные смесевые виды реактивного топлива представляют собой многокомпонентные гетерогенные системы частиц окислителя в полимерной массе горючего (табл. 83).

В качестве окислителей таких ТРТ применяют вещества с положительным кислородным балансом: в основном нитраты калия, натрия, аммония и гуанидина; перхлораты лития, натрия, калия, аммония, нитрозила, нитрония, гидроксиламина, гидразина, а также пикрат аммония и гексанитроэтан. Их содержание в массе топлива составляет 75-80%.

**Таблица 83. Составы некоторых видов смесевого твёрдого ракетного топлива (TPT)**

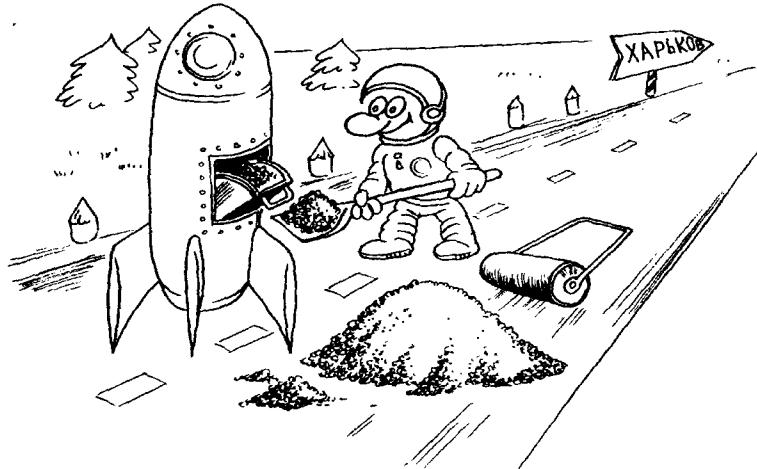
№ %	1676	1677	1678	1679	1680	1681
	TP-H 3062	ARKCIT 373D	EREC	LET-3	ALT-161	GCRC 201-6
Калия перхлорат					76	
Аммония перхлорат	72	60		61		80
Алюминиевая пудра	16	21				
Бор			11			
Битум					16,8	
Бутадиеновый каучук			15			
Полиуретановый каучук	12					
Полисульфидный каучук						20
Поливинилхлорид		18				
Гексанитроэтан			52			
Нитроцеллюлоза				10		
Динитрофеноксизтан				10		
Тетраоксидитораминобутан			22			
Ацетилтриэтилцитрат				12		
Минеральное масло					7,2	
Технологические добавки	1			7		

№ %	1682	1683	1684	1685	1686	1687
	NDRC 480	Rocket	Basuka	M-7	Aisit	Filipps petrol
Калия перхлорат			76,3	7,8		
Калия хромат						0,4
Натрия нитрат	46,6	80				
Аммония нитрат						83
Аммония перхлорат					80,1	
Аммония пикрат	46,6					
Сажа				1,2	0,8	2
Бутадиеновый каучук			21,9			
Полиуретановый каучук						10
Фенолформальдегид	5,2					
Поливинилхлорид					8,6	
Тринитротулол		18				
Нитроцеллюлоза				90		
Диэтилфталат		2	0,9			1
Этилцентралит				1		
Минеральное масло	1,6				10,5	2,3
Касторовое масло			0,9			
Технологические добавки						1,3

Самым распространённым окислителем смесевых ракетных составов в настоящее время остаётся перхлорат аммония, как весьма

доступный, негигроскопичный, стабильный при хранении продукт с высокими энергетическими характеристиками. Критическая температура перехода его горения во взрыв зависит от содержания примесей. Так, для чистого продукта она равна 430°C, а в присутствии 1% меди снижается до 269°C.

Основным же горючим компонентом смесевых систем являются полимерные вещества (15-30% от общей массы), одновременно выступающие цементаторами. Это различные каучуки, смолы, пластмассы, а также «тяжёлые» нефтепродукты: битум и асфальт, поэтому подзаправиться можно даже на автостраде.



Наиболее часто применяют полиуретановый, бутадиеновый и полисульфидный каучук, фенолформальдегидную, эпоксидную и карбамидную смолу, полиметилметакрилат и поливинилхорид.

Для повышения удельного импульса в смесевые ТРТ вводят до 20% «лёгких» металлов (алюминий, бор, бериллий, литий и магний) либо их гидридов. Наибольшее распространение получили составы с добавками мелкодисперсного пассивированного алюминия, который к тому же стабилизирует горение.

Увеличивают скорость горения смесевых ракетных составов каталитические присадки оксидов меди, хрома и железа. Аналогичный эффект вызывает введение в топливо металлического кобальта, железа, меди, магния и олова. Напротив, двуокись магния и трёхфтористый бром замедляют сгорание топлива.

Некоторые технологические добавки связаны с облегчением процесса производства топливных шашек, включая полимеризующие компоненты, а также устранением нежелательных эффектов (уменьшением пламени за срезом сопла и дымообразованием).

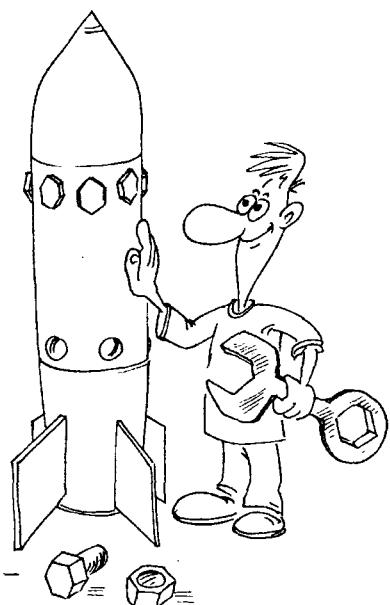
Наиболее мощными реактивными характеристиками на сегодняшний день обладает так называемое «**модифицированное**» или «**нитрозольное**» топливо, представляющее смесевое ТРТ, в котором пассивный каучук заменён смесью нитратов целлюлозы и нитроглицерина с добавками мелкодисперсного алюминия.

### 29.3. Ключ на старт

**Х**отите увидеть улыбку Джаконды на лице Вашей возлюбленной? Скажите, что запуск этой ракеты посвящён ей.

Бессспорно, ракеты являются наиболее красивыми элементами любого фейерверка. С характерным шумом, взлетая в небо, они выписывают роскошную искристую ленту, а достигнув максимальной высоты, взрываются, рассыпая огненные звёздки или разбегающиеся швермеры.

Следует иметь в виду, что даже не боевая ракета представляет определённую опасность, достаточно вспомнить, что по началу они не сильно отличались. Дело в том, что в хорошем исполнении даже маленькая ракетка может пролететь 300-400 м, поэтому во избежание неприятностей запускать их следует только вертикально и обязательно на открытой местности не склонной к возгоранию!



Вопреки распространённому мнению ракеты для фейерверков снаряжаются не обязательно сильными реактивными составами, а

чаще средними и даже медленногорячими. Прежде всего, это делается для повышения работоспособности ракетного горючего, так как дополнительное введение в его состав углерода значительно увеличивает объём, выделяемого газа за счёт образования окиси углерода, однако замедляет скорость его сгорания. Этот недостаток без труда компенсируют, увеличивая площадь горения твёрдого топлива, формируя в нём **полый канал**, который иногда по праву называют «**душой ракеты**».

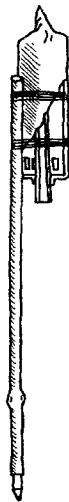
Читатели постарше наверняка помнят, что лучшим топливом для их первых ракет была «горючая» киноплёнка. Её наматывали на гвоздь диаметром 1,5-2,5 мм, туго стягивали фольгой от шоколадки, формируя обтекатель и сопло длиной 1 см. В качестве стабилизатора полёта использовали соломинку длиной 15-20 см. Запускать такие ракетки проще с горлышком небольшой бутылки, зажигая топливо концом раскалённой проволоки.

Надо сказать, что ракета, свёрнутая из небольшого куска (7-9 см) 35-мм киноплёнки развивает тягу около 3 Г и, если её масса не превышает 2 г, может взлететь на 20 м. Если же вес плёночного двигателя увеличить до 15 г, то с соплом в 1,5 мм тяга усилится до 70 Г, при времени сгорания около 8 с, что позволяет ракете взлететь на сотню метров и выше.

 Имейте в виду, что светочувствительная эмульсия на фотоплёнке горит плохо, засоряет выхлопное отверстие и её лучше предварительно смыть в тёплой воде.

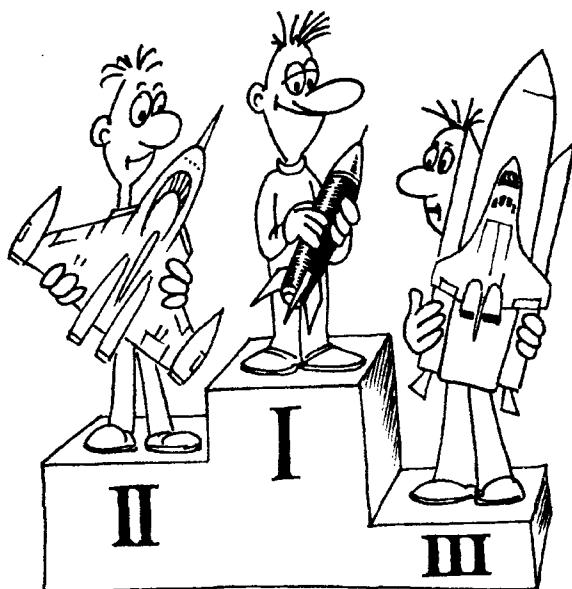
При создании подобной ракеты главная проблема состоит в том, где сегодня найти такую легкогорящую плёнку из нитроклетчатки с высоким содержанием азота, потому что теперь она применяется ограничено, и в основном заменена пожаробезопасной мононитротоллюзой.

Любители ракетного моделирования для снаряжения двигателей в основном используют мелкодисперсную смесь цинка с серой (2:1, сост. 1709, табл. 84), которая абсолютно не чувствительна к ударному воздействию, горит красивым, светло-голубым пламенем и надёжно воспламеняется от электрической системы зажигания. Максимальная температура горения такого состава 1427°C, а ско-



рость распространения огня около 2,3 см/с. Однако эта смесь из-за малого объёма выделяемых продуктов горения эффективно работает в ракетах относительно больших калибров.

Значительно мощнее ведёт себя так называемое «карамельное» топливо, состоящее из нитрата калия с сахарной пудрой (3:2, сост. 1701). Это простейшее на первый взгляд горючее способно поднимать даже модели ракет малого класса на высоту 300 м и выше. По сути, это «белый порох» (сост. 12), разбавленный избытком сахара, содержание которой превышает стехиометрическую норму на 20%. Своему названию это топливо обязано распространённому у любителей и весьма опасному способу приготовления путём осторожного сплавления ингредиентов вместо традиционной запрессовки в виде порошка.



**Таблица 84. Реактивные составы для ракетного моделирования и фейерверков**

%	№	Малый калибр (9-15 мм)								
		1688	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695	1696
Калия нитрат		67	66	75	59	55	58	44	61	56
Сера		12	11		16	14	13	10	17	15
Уголь древ. мелк.		21	23	18		31	23	42		29
Уголь древ. крупн.					15				22	
Сурьмы (III) сульфид							6	4		
Железные опилки				7	10					

Таблица 84. Продолжение

№ %		Калибр												
		Средний (16-25 мм)							Большой (30 мм и более)					
		1697	1698	1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708	1709
Калия нитрат		56	61	61	62	60	61	78	55	72	76	48	58	
Сера		9	10	12	8		10		9			13	16	33
Уголь древ. мелк.		20	21	27	30		29	18	9	17	18		26	
Уголь древ. крупн.			8					4	27		6	19		
Железные опилки	15									11		20		
Цинковые опилки													67	
Сахароза					40									

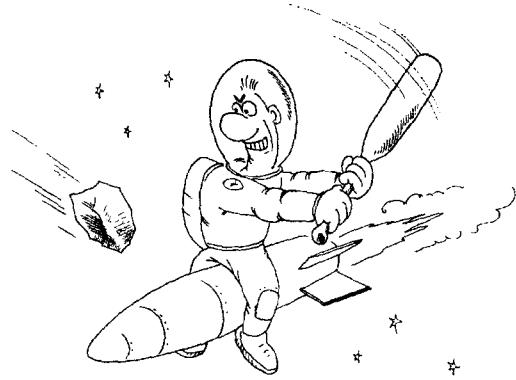
Несмотря на приличные реактивные характеристики, нам такое горючие подходит мало: оно не даёт красивый искристый шлейф, довольно гигроскопично при длительном хранении, кроме того, расплавленный сахар иногда засоряет сопло.

Лучшими реактивными составами ракет для фейерверков по-прежнему остаются смеси на основе ослабленного чёрного пороха с искрообразующими добавками.

В качестве наиболее ходовых присадок используют мелкоизмельчённый и крупный (~1мм) древесный уголь, железные опилки и сульфид сурьмы. Обычно, «угольные» пороховые составы сгорают с розовой искристой лентой, особенно с добавлением «крупной» фракции, однако при пониженном содержании селитры и относительно высоком уровне серы их пламя становится голубоватым (сост. 1692, 1708).

Особую яркость и блеск ракетным составам придаёт сульфид сурьмы (III) (сост. 1693, 1694).

Мелкие железные опилки делают огненный шлейф ракеты настолько искристым, что подобные смеси не зря называют «бриллиантовыми» (сост. 1690, 1691, 1697, 1705, 1707). Ракеты на таких составах смотрятся очень красиво, даже без дополнительной начинки звёздками.



Для малых калибров требуется более сильное топливо. Лучше всего эту зависимость учитывают специальные расчётные формулы приготовления реактивных составов, хотя их магическая сила превысена: тягу ракет также можно регулировать длиной полого канала, диаметром сопла и даже плотностью запрессовки горючего.

Пороховые ракетные составы, адаптированные к калибру (табл. 85, 86), готовят по следующим прописям, и они содержат весовых частей:

**- искристые с розовой лентой**

а) пороховая мякоть	100	б) селитро-уголь (81:19)	100
уголь мелкий	13	уголь крупный	K·0,2
уголь крупный	K·0,4		

**- искристые с бриллиантовой лентой**

в) пороховая мякоть	100	г) селитро-уголь (81:19)	100
уголь мелкий	13	железные опилки	K·0,4
железные опилки	K·0,8		

**- искристые с полубриллиантовой двойной лентой**

д) пороховая мякоть	100	е) селитро-уголь (81:19)	100
уголь мелкий	13	уголь крупный	K·0,1
уголь крупный	K·0,2	железные опилки	K·0,2
железные опилки	K·0,4		

где К – калибр двигателя ракеты в мм.

 При использовании угольных крупноискристых составов средняя норма расхода горючего для изготовления одной ракеты составляет: при калибре 9 мм около 8 г, 13 мм – 27-30 г, 16 мм – 50-54 г, 25 мм – 120-125 г.

Как Вы уже догадались, ракетный двигатель является главной её частью. Для его изготовления катают прочные гильзы первого рода калибром 9-30 мм (чаще 16 мм и 20 мм), толщиной бумажных стенок не менее 1/4 внутреннего диаметра. Длина такой трубки определяется назначением ракеты: если она со швермерами или звёздками – 10 калибров, со шлагом – 15 калибров, а с парашютом или ракетопланом ещё длиннее. Шейку гильзы затягивают так, чтобы диаметр сопла составлял 1/3 калибра либо 1/4 часть наружного диаметра. Набивание ракеты производится на унтерзатце с длиной стержня (цапфа) в 6,5 калибров, диаметром его нижнего основания 1/3 калибра, а верхнего – 1/4 калибра.

**Таблица 85. Ракетные составы на основе дымного пороха, адаптированные к калибру**

№	С крупнозернистой розовой лентой										Бриллиантовые			
	1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717										1718 1719 1720 1721			
	Калибр, мм													
	50	40	30	25	20	15	13	10			50	40	30	25
Пороховая мякоть	100	100	100	100	100	100	100	100			100	100	100	100
Уголь древ. мелк.	13	13	13	13	13	13	13	13			13	13	13	13
Уголь древ. крупн.	20	16	12	10	8	6	5	4						
Железные опилки											40	32	24	20

*или*

%	№	1710	1711	1712	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719	1720	1721
Калия нитрат		56,4	58,1	60	61	62	63	63,6	64,1	49	51,7	54,8	56,4
Сера		9,4	9,7	10	10,2	10,3	10,5	10,6	10,7	8,2	8,6	9,1	9,4
Уголь древ. мелк.		19,2	19,8	20,4	20,7	21,1	21,5	21,6	21,8	16,7	17,6	18,6	19,2
Уголь древ. крупн.		15	12,4	9,6	8,1	6,6	5	4,2	3,4				
Железные опилки										26,1	22,1	17,5	15

**Таблица 85. Продолжение**

№	Бриллиантовые								Полубриллиантовые двуцветные						
	1722 1723 1724 1725								1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733						
	Калибр, мм								20 15 13 10 50 40 30 25 20 15 13 10						
	20	15	13	10	50	40	30	25	20	15	13	10			
Пороховая мякоть	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Уголь древ. мелк.	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Уголь древ. крупн.					10	8	6	5	4	3	2,5	2			
Железные опилки	16	12	10	8	20	16	12	10	8	6	5	4			

*или*

%	№	1722	1723	1724	1725	1726	1727	1728	1729	1730	1731	1732	1733
Калия нитрат		58,1	60	61	62	52,5	54,8	57,3	58,6	60	61,5	62,2	63
Сера		9,7	10	10,2	10,4	8,7	9,1	9,5	9,8	10	10,2	10,4	10,5
Уголь древ. мелк.		19,8	20,4	20,7	21	17,8	18,6	19,4	19,9	20,4	20,9	21,1	21,4
Уголь древ. крупн.						7	5,8	4,6	3,9	3,2	2,5	2,1	1,7
Железные опилки		12,4	9,6	8,1	6,6	14	11,7	9,2	7,8	6,4	4,9	4,2	3,4

Для запрессовки горючего используют специальные набойники (осадники) диаметром на 1 мм меньше внутреннего калибра ракеты с центральным полым каналом, соответствующим размеру стержня (1). Кроме того, применяются укороченные промежуточные набойники в 2/3 (2) и 1/3 (3) его длины, а также короткий сплошной осадник (4) для забивки глухого состава.

**Таблица 86. Ракетные составы с селитро-угольной смесью (81:19), адаптированные к калибру**

№ г	С крупнозернистой розовой лентой										Бриллиантовые					
	1734	1735	1736	1737	1738	1739	1740	1741	1742	1743	1744	1745				
	Калибр, мм															
Селитро-уголь	50	40	30	25	20	15	13	10	50	40	30	25				
Уголь древ. крупн.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Железные опилки													20	16	12	10

*или*

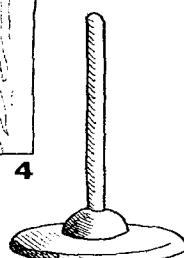
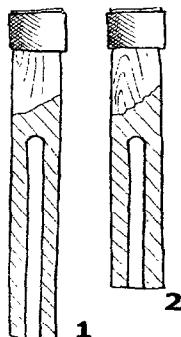
% г	№	1734	1735	1736	1737	1738	1739	1740	1741	1742	1743	1744	1745
		Калия нитрат	73,6	75	76,4	77,1	77,9	78,6	79	79,4	67,5	69,8	72,3
Уголь древ. мелк.	17,3	17,6	17,9	18,1	18,3	18,5	18,6	18,6	18,6	15,8	16,4	17	17,3
Уголь древ. крупн.	9,1	7,4	5,7	4,8	3,8	2,9	2,4	2					
Железные опилки										16,7	13,8	10,7	9,1

**Таблица 86. Продолжение**

№ г	Бриллиантовые				Полубриллиантовые двуцветные							
	1746	1747	1748	1749	1750	1751	1752	1753	1754	1755	1756	1757
	Калибр, мм											
Селитро-уголь	20	15	13	10	50	40	30	25	20	15	13	10
Уголь древ. крупн.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Железные опилки					5	4	3	2,5	2	1,5	1,25	1

*или*

% г	№	1746	1747	1748	1749	1750	1751	1752	1753	1754	1755	1756	1757
		Калия нитрат	75	76,4	77,1	77,9	70,4	72,3	74,3	75,3	76,4	77,5	78,1
Уголь древ. мелк.	17,6	17,9	18,1	18,3	16,5	17	17,4	17,7	17,9	18,2	18,3	18,5	
Уголь древ. крупн.					4,4	3,6	2,8	2,3	1,9	1,4	1,2	1	
Железные опилки	7,4	5,7	4,8	3,8	8,7	7,1	5,5	4,7	3,8	2,9	2,4	1,9	

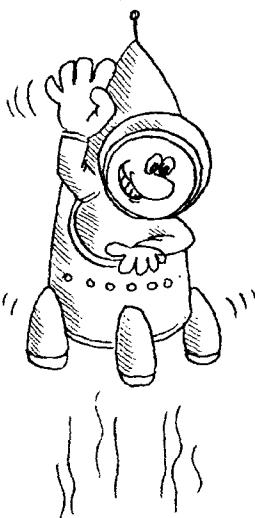
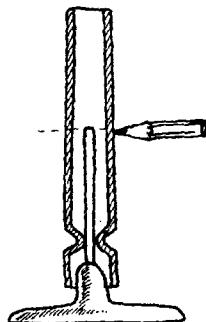


Такое разнообразие применяемых набойников способствует более однородной запрессовке искристого состава, однако при малых калибрах ракет промежуточные осад-

ники можно сократить без ущерба качеству. Унтерзатц устанавливают или укрепляют на отдельном табурете или чурбане (во избежание расслаивания неоднородного горючего состава), надевают на него ракетную гильзу, вкладывают самый длинный полый набойник и осаживают молотком. Затем глухим осадником замеряют расстояние от верха гильзы до вершины шпилля и отмечают снаружи карандашом. Расстояние, соответствующее стержню, делят на 3 части, а сверху риски отмечают высоту необходимого «глухого состава».

Сделав первую засыпку горючей смеси калиберным совком (шуфлой) так, чтобы слой не превышал калибр гильзы, самым

длинным набойником слегка ударяют по стенке трубки, сбивая состав. Затем вставляют его в гильзу и пристукивают молотком: раз 10 слабо и столько же посильнее. После каждой подобной процедуры набойником пристукивают по столу, выбивая забившийся в канале горючий состав либо устранивая его проволокой, в противном случае он может расколоться о металлический стержень. По мере наполнения гильзы осадники меняют на более корот-



кие. В тот же момент полезно провернуть гильзу вокруг стержня, чтобы облегчить её извлечение в конце операции.

Когда горючая смесь покроет стержень, применяют сплошной набойник, формируя так называемый «глухой состав» или «затравку». Это очень важный момент. Дело в том, что когда огонь захватывает глухой состав, ракета успевает развить максимальную скорость и пролететь большую часть своего подъёма. Поэтому на динамику полёта он практически не влияет, зато выполняет роль замедлителя (свообразного таймера или дистанционной трубы) для воспламенения ракетной начинки, заодно, осуществляя функцию затвора пороховых газов. Именно глухой состав позволяет ракете пролететь по инерции на почти холостом ходу до 1/4 высоты подъёма и только к моменту её переворачивания он воспламеняет начинку.

Если толщина затравки чересчур мала, то огонь либо слишком быстро поглощает глухой заряд и ракета прекращает полёт, не достигнув максимального подъёма, либо выстреливает его из гильзы уже на старте, что называют «провалом ракеты».

Напротив. Если слой глухого состава излишне велик, ракета может упасть на землю горящей, а что ещё опаснее, выстрелить в этот момент пылающие звёздки либо швермеры.

Оптимальная высота глухого состава сильно зависит от калибра ракеты, её назначения и, конечно же, от природы горючей смеси. Для простых ракет без начинки с традиционными искристыми пороховыми составами можно воспользоваться таблицей (табл. 87), предусматривающей довольно толстый слой глухого состава в 2-3 калибра. Он плотно держит пороховые газы и в малых ракетах даже не требует дополнительной запрессовки мощного пыжа. Напротив, наличие в ракете надёжно укреплённой пробки позволяет уменьшить толщину глухого слоя до 1-1,5 калибра и тем самым снизить её вес. Окончательную коррекцию толщины затравки проводят опытным путём.

**Таблица 87. Зависимость высоты глухого состава от калибра ракет с пороховым горючим без разделительного пыжа**

№ п/п	Калибр, мм	Глухой состав, мм	№ п/п	Калибр, мм	Глухой состав, мм
1	8	27	5	20	53
2	10	33	6	25	57
3	13	41	7	30	58
4	15	46	8	35	59

На глухой состав вгоняют бумажную пробку, смазанную kleem так, чтобы в прибитом состоянии её высота соответствовала калибру гильзы. Она должна предохранять глухой состав от выброса сильным напором упругих пороховых газов.

Осторожно проворачивая по оси, ракету снимают со стержня. При этом стенки полого канала не должны осыпаться.

Для устройства фейерверков в основном применяют ракеты с **боковой стабилизацией** или как их ещё называют «**с хвостом**». Обычно, в качестве стабилизатора используют деревянные рейки квадратного сечения из ели или сосны длиной в 80-100 калибров (табл. 88, 89). Они придают ракете подобие флюгера.

**Таблица 88. Характеристики деревянных боковых стабилизаторов ракет по П.С.Цытовичу**

№ п/п	Калибр ракеты, мм	Толщина стабилизатора, мм	Длина стабилизатора, см
1	10	8	100
2	15	11	150
3	20	15	180
4	25	19	200
5	30	23	240

**Таблица 89. Характеристики деревянных боковых стабилизаторов ракет по П.Румянцову**

№ п/п	Калибр ракеты, мм	Толщина стабилизатора, мм	Длина стабилизатора, см	Вес стабилизатора, г
1	9	5	80	8
2	13	7	130	19
3	17	9	170	31
4	26	13	260	85

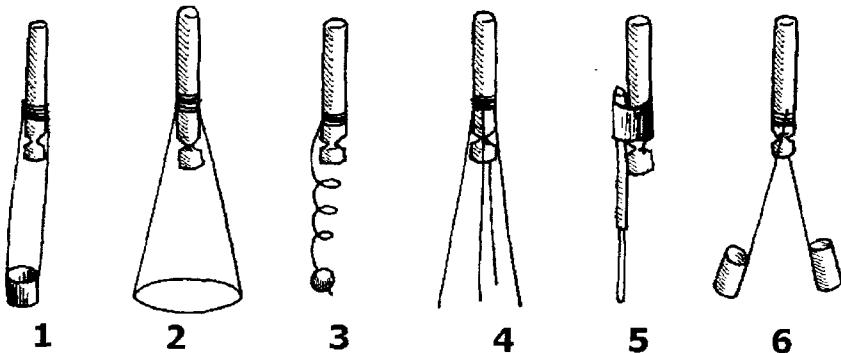
Ракету закрепляют к стабилизатору параллельно осевой линии в двух местах: около шейки и на уровне глухого состава. Для строго вертикального полёта вес её хвоста регулируют так, чтобы центр тяжести готового изделия находился на расстоянии около 4 калибров ниже сопла, в чём несложно убедиться, положив её на лезвие ножа или ребро тонкой линейки.

Как часто бывает в жизни, прямолинейность не самая востребованная черта характера. Это же касается и ракет для фейерверков, поэтому в пиротехнике широко применяются более тонкие, лёгкие и

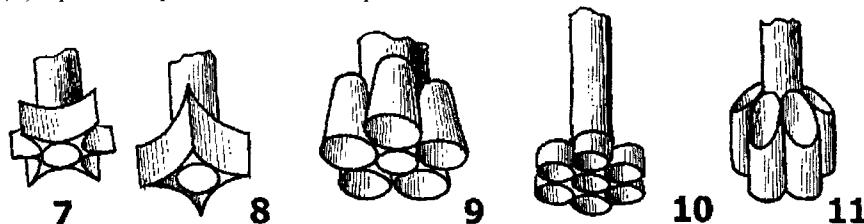
укороченные стабилизаторы, в том числе из лозы и даже прочных бумажных трубок малого диаметра, которые приклеивают бумажной лентой. Иногда ракеты по этой причине даже виляют или идут дугой, что придаёт ещё большую привлекательность их полёту. Часто это делают сознательно, фиксируя стабилизатор под малым углом к корпусу ракеты. Можете поэкспериментировать, только не увлекайтесь, чтобы напором воздуха не сломало хвост.

В попытках контролировать траекторию полёта ракет, разработано множество типов стабилизаторов, но для устройства фейерверков они применяются значительно реже простых и надёжных «хвостовых».

Сосные кольцевые (1, 2), пружинные с грузиком (3) и 3-х или

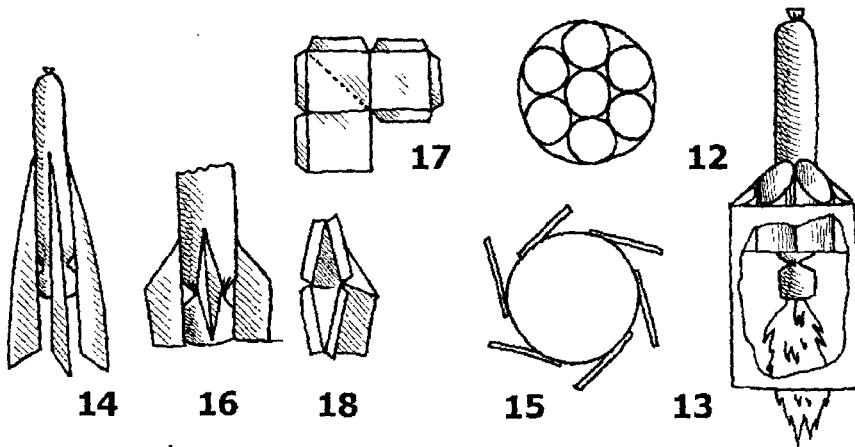


4-хвостовые (4) стабилизаторы работают по принципу описанных выше боковых одинарных, однако позволяют значительно укоротить общую длину ракеты, повысив её устойчивость в полёте. Трубчатые конусные стабилизаторы из бумаги (5) удобны тем, что их можно монтировать любой длины непосредственно на месте старта, вставляя на клею друг в друга. Сдвоенные кольцевые стабилизаторы (6) придают ракете момент вращения.



Дугообразные (7, 8) и несоосные кольцевые стабилизаторы (9, 10, 11) работают достаточно надёжно. Их легко заставить выполнять функцию эжектора, надев дополнительное кольцо большего диаметра (12, 13): разряжение воздуха возле сопла ускоряет истечение пороховых газов и увеличивает тягу.

Очень многообразно, особенно в спортивном моделировании, представлены плоские стабилизаторы, так называемые «крыльышки»



(чаще трапециевидные и треугольные). Они крепятся либо перпендикулярно к корпусу (14), либо по касательной к нему (15).

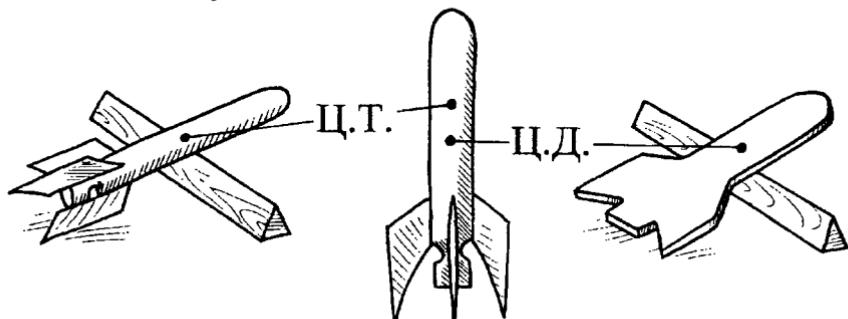
При желании несложно изготовить из картона более симпатичный объёмный ромбический стабилизатор (16-18).

 || Принято считать, что хорда плоского стабилизатора должна составлять 1,5-2 калибра, а кольцо соосного стабилизатора превышать 2 калибра.

По законам аэродинамики для устойчивого полёта ракеты центр её тяжести (ЦТ) должен находиться впереди (выше) центра давления (ЦД) - точки пересечения равнодействующей сил потока ветра с осью ракеты. Минимальное расстояние между ними полкалибра. В этом случае ракета как Ванька-встанька при отклонении вернётся к первоначальной траектории.

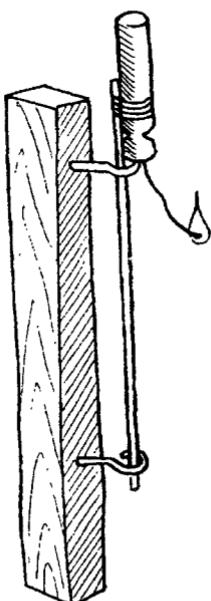
Для определения центра давления, чтобы избежать сложных расчётов, применяют весьма примитивный, но довольно точный ме-

тод: вырезают из картона силуэт данной ракеты и находят центр его тяжести – он и будет искомой точкой.



Вставьте в сопло стопин или электрозапал и ракета готова к запуску. Для малых калибров достаточно загнуть конец стопина или сложить его вдвое и воткнуть в полый канал, но глубоко, а тем более плотно, задвигать его не надо, чтобы при взлете ракету не разорвало. В более крупных ракетах стопин фиксируют пороховой подмазкой либо привязывая к нему картонную стрелку, не выпадающую из сопла.

Для запуска ракет используют своеобразный примитивный стапель из деревянного кола, в верхнюю и нижнюю часть которого забиты металлические крючки. Вместо них можно вбить попарно длинные гвозди с небольшим просветом так, чтобы ракета не провалилась между ними, а стабилизационный хвост проходил свободно, при этом шляпки гвоздей служат фиксаторами. Кол вбиваю в землю. Хвост ракеты заводят через крючки, пока она не повиснет на верхнем из них в вертикальном положении.



При использовании трубчатых стабилизаторов в качестве направляющей используют отрезки ровной проволоки или электроды, воткнув их под нужным углом и насадив на них ракету.

В целях безопасности пальцевую свечу для воспламенения стопина лучше прикрепить к длинной палке.

Для сравнения, параметры русской однофунтовой (12 линий) сигнальной пороховой ракеты образца 1904 года выглядят следующим образом:

- внутренний диаметр картонной гильзы 1,15 дюйма (30мм),
- наружный диаметр гильзы 1,75 дюйма (45 мм),
- длина гильзы 15,58 дюйма (396 мм, т.е. 13 калибров),
- толщина стенок гильзы 3 линии (7,62 мм, т.е. 1/4 калибра),
- длина полого канала 8,66 дюйма (220 мм, т.е. 7,3 калибра),
- длина глухого состава 1,95 дюйма (50 мм, т.е. 1,7 калибра),
- длина «хвоста» 5 футов (152 см, т.е. 50 калибров),
- вес ракеты со стабилизатором 2,25 фунта (921 г),
- время взлёта ракеты 5 секунд,
- высота взлёта ракеты 200 сажен (427 м).

Хорошо выполненная ракета для фейерверка должна взлетать вертикально вверх сразу после воспламенения, причём, спокойно, без выстрелов и подскоков, с характерным шипящим свистом; чтобы вылетающий огонь представлял длинный искристый луч, гаснувший в точке максимального подъёма. После чего, описав небольшую дугу («поклон ракеты») она выбрасывает огненную начинку или производит выстрел, а выгоревшая гильза горизонтально падает на землю и уж тем более не втыкается в неё стабилизатором.

## *29.4. Хлопушка на орбите*

**К**огда-то в старину по «классическим законам жанра» именно ракетами со шлагом начинали фейерверк, чтобы громкими выстрелами привлечь опоздавших зрителей. Сегодня это правило чаще не работает, однако и сейчас они являются наиболее приемлемыми пиротехническими фигурами.

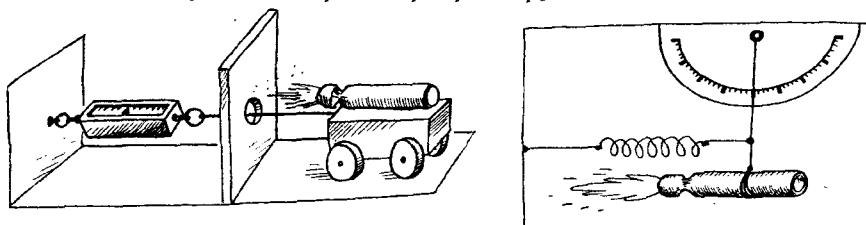
Следует иметь в виду, что вес полезного груза ракеты весьма ограничен и непосредственно зависит от её калибра, с укрупнением которого весовую долю начинки можно увеличить (табл. 90).

Как правило, полезный груз даже в крупных изделиях не должен превышать половину массы горючего состава. Кроме того, он сильно зависит от динамических характеристик топлива и самой ракеты.

**Таблица 90. Зависимость максимального веса начинки ракеты от её калибра по П.С.Цытовичу**

Калибр ракеты, мм	Максимальный вес начинки, г	Калибр ракеты, мм	Максимальный вес начинки, г
8	8	17	31
10	13	20	64
13	16	25	100
15	25	30	200

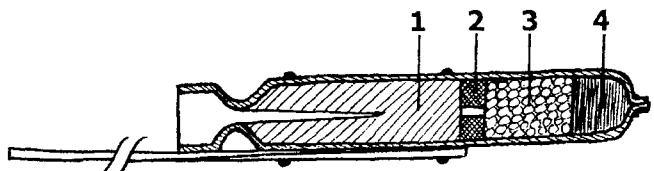
Для более точного определения тяги ракеты и оценки массы допустимого полезного груза лучше соорудить простейший испытательный стенд с динамометрами различных конструкций от бытового безмена до углового транспортира с пружинкой.



Впрочем, и без этой процедуры перегруз ракеты Вы никогда не спутаете, особенно, если попытаетесь её запустить.

Итак, для изготовления сигнальных ракет со шлагом применяются более длинные гильзы первого рода (около 15 калибров в длину). После запрессовки ракеты горючей смесью (1) поверх глухого состава укладывают деревянный пыж с отверстием посередине (2) либо сплошной пыж, но чуть меньшего диаметра. Вместо них можно использовать бумажную пробку, обмотанную стопином.

На пыж всыпают 3-4 калибра зернистого дымного пороха (3), загоняют глухую бумажную пробку (4) и затягивают над ней гильзу,



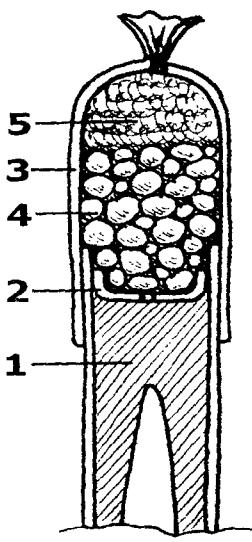
либо заминают её торец на клею и обклеивают бумажным кружком. В малых ка-

либрах порох засыпают непосредственно на глухой состав.

Если запуск ракеты предполагается в светлое время, можно пространство над порохом заполнить тонкоизмельчённым древесным углем, тогда на небе после выстрела образуется красивое чёрное облачко.

## 29.5. Со звёздами можно пролететь

**Π**о-настоящему счастлив не только тот, кому звёзды падают с неба, но и тот, кто доставляет их на орбиту. Можете проверить...



Для этого вполне подойдёт ракетная гильза в 10 калибров длиной. Её запрессовывают горючей смесью как обычно, а поверх глухого состава (1) загоняют на kleю деревянный цилиндр толщиной в полкалибра с отверстием посередине, забитым пороховой мякотью. Вместо него можно запрессовать на kleю несколько П-образных картонных пыжей (по типу бутылочной пробки) с гофрированной «юбкой» по периметру и отверстием в центре (2). Такой пыж легко сформировать, продавливая набойником картонный кружок чуть большего диаметра с центральным отверстием через металлическую трубку, прижатую к столу. При более массовом производстве используют глиняный затвор с высверленным каналом.

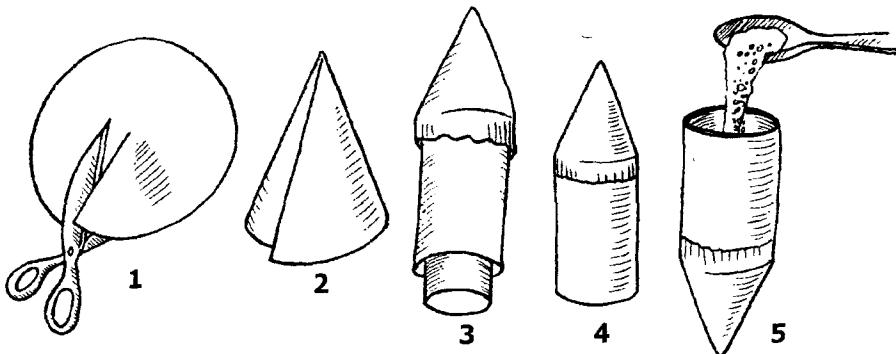
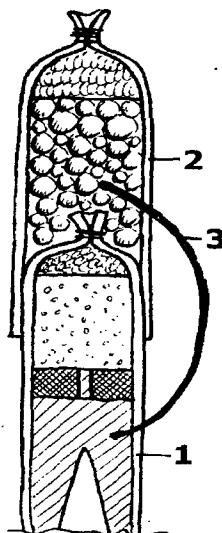
Контейнером для огненных звёздок служит особая тонкостенная гильза (3) цилиндрической (**шатрик**) либо конической (**шуба**) формы. Из всего многообразия ракет такого типа заслуживает внимания простейшая из них.

Снаряжённую гильзу удлиняют, обклеивая открытый конец в 3-4 оборота полосой бумаги шириной около 10 см (для средних калибров) так, чтобы нахлест трубок составил 2-3 см. В образовавшийся шатрик всыпают расчётное количество огненных звёздок (4), включая в общую массу небольшой объём пороховой мякоти, кото-

рой пересыпают содержимое. Поверх звёздок вставляют бумажный пыж (5) и затягивают над ним шатрик наглухо. Остаток трубки срезают.

Если хотите, чтобы полёт такой фигуры сопровождался громким выстрелом, можете модернизировать шлаговую ракету (1). Для этого достаточно доклеить к готовому изделию шатрик (2), снарядить его звёздками и наглухо затянуть. В основной же ракете на уровне глухого состава делается отверстие, которое стопином (3) соединяют с содержимым шатрика.

По другой технологии тонкостенную шатриковую гильзу можно более аккуратно скатать на навойнике, тут же заминая и обклеивая торец трубы, чтобы получился бумажный стаканчик. Такой шатрик снабжают конусным обтекателем, который вырезают из ватмана в виде круга диаметром в 3 калибра и с разрезом по радиусу (1). Края склеенного бумажного конуса (2) надрезают и подклеивают к шатрику со стороны дна (3, 4).

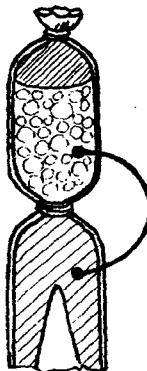


В образовавшийся стаканчик (5) засыпают звёздки с мякотью, а потом вгоняют на клею открытый торец перевёрнутой ракеты. Если диаметр шатрика равен или слегка превышает толщину ракетной гильзы, то Вам повезло, так как на неё можно подмотать бумажную ленту; если же наоборот, то шатрик придётся делать заново.

Ракеты малых калибров можно изготавливать вообще без шатрика, как это делали в старину, перетягивая ракетную гильзу в нескольких местах, и используя для воспламенения звёздок заведенный через оболочку стопин. Несмотря на кажущуюся простоту, эта процедура требует определённых навыков, чтобы не порвать при затяжке гильзу. Кроме того, при разрыве такой плотной оболочки в момент выстрела звёздки рассыпаются неравномерно.

Чтобы приготовленные Вами ракеты сработали нормально, придерживайтесь следующих советов:

- так как в ракеты подобной конструкции входит дополнительный замедлитель типа пыжа с пороховым каналом, необходимо на его толщину уменьшить уровень глухого состава, чтобы отстрел звёздок произошёл на максимальном подъёме до переворота ракеты;
- чтобы звёздки рассыпались равномерно, шатрик должен быть неплотным, но достаточно герметичным;
- чтобы звёздки горели подольше, зажигательную подмазку наносят только на одну их сторону либо применяют цилиндрические «дождинки» без центрального канала (обычно около 5 мм в диаметре и длиной 2-3 см);
- в крупных ракетах замедлительные пыжи лучше дополнительно прибить через корпус мелкими гвоздями, тогда как в ракетах малого калибра их можно убрать совсем;
- одиночные ракеты начиняют разноцветными звёздками, а групповые – однородными.



## 29.6. Ракеты со швермерами

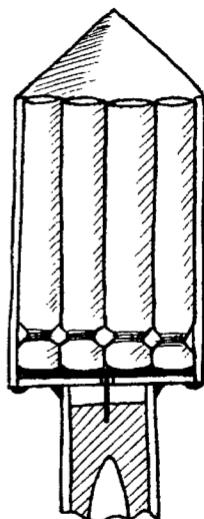
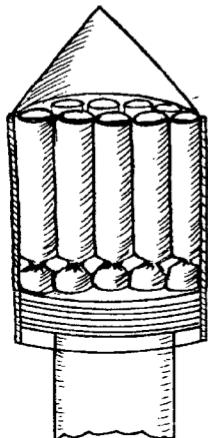
**К**огда в Вас просыпается дух Герострата, когда Вам хочется что-то поджечь и Вы чувствуете, что дело Прометея в Ваших надёжных руках, можете смело приступать к изготовлению этой бесспорно, великолепной пиротехнической фигуры.

Для ракет со швермерами употребляют более широкие шатрики и с этой целью на ракетную гильзу подклеивают деревянные или картонные уплотнительные кольца. Ещё проще намотать на гильзу бумажную ленту, например обычный серпантин. Трубку для шатрика катают из бумаги в 4-5 оборотов на навойнике и, смазав густым клейстером, насаживают на уплотнительное кольцо. В высохшее изделие подсыпают немного пороховой мякоти и компактно вставляют швермеры стопинами вниз.

Обычно, применяют швермеры калибром не более 9 мм, а в качестве несущей ракеты используют калибр не менее 20 мм. Стандартное снаряжение ракеты именно таких параметров включает 7 швермеров, что позволяет разместить их наиболее оптимально. Пространство между швермерами и над ними заполняют опилками, обрывками бумаги либо ватой, а сверху укладывают картонный кружок. К начинённому шатрику плотно приклеивают конусный обтекатель. Остается подвязать стабилизатор и ракета готова.

Существует более простой способ приготовления швермерных ракет, но он требует высокой тщательности от исполнителя. К торцу ракетной гильзы прямо под глухим составом без пыжа-замедлителя наклеивают на горячем столярном клее плотный картонный кружок. Шилом в нём делается отверстие по центру, куда вставляется кусок стопина, достающий до затравки. Кружок покрывают пороховой подмазкой. Насаживают на него кольцо шатрика, предварительно смазав торцы густым kleem. Вставляют швермеры, задельвают просветы и фиксируют обтекатель. В этом случае присыпать пороховую мякоть не надо.

Как только затравка взлетевшей ракеты сгорит, огонь через стопин воспламенит дно шатрика, покрытое зажигательной подмазкой и после

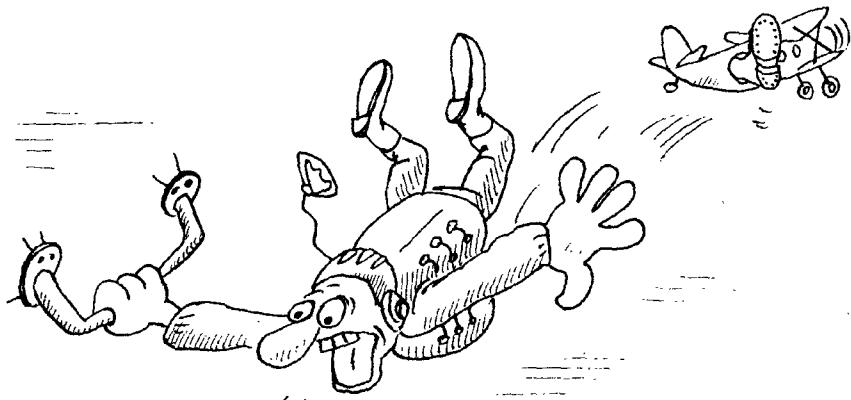


выстрела швермеры огненными зигзагами разбегутся по небу.

Аналогичным образом ракеты снаряжаются пчёлками, вихрями или свистками.

## 29.7. Нам, парашютистам

**D**елая набросок аппарата для безопасного спуска с высоты на землю, в 1495 г. гениальный Леонардо да Винчи и предположить не мог, что мировой приоритет в разработке конструкции для прыжков с самолёта четыре века спустя достанется актёру. Русский изобретатель и по совместительству артист Большого театра Котельников Глеб Евгеньевич в 1911 г. впервые предложил **ранцевый парашют** для лётчиков, а через год сам же добровольно его испытал.



|| Если Вы решились придать воздушным замкам и рулевым звёздам более прочный фундамент, то без парашюта Вам не обойтись. И учтите, описание такой фигуры проще один раз прочитать, чем семь раз её изготовить.

Полезный груз подобной ракеты представляет собой фальшфейер, набитый бенгальским огнём, спускаемый на парашюте. Для этого скатывают гильзу в 3-4 оборота чистой писчей бумаги 2,5 калибра в длину и толщиной, соот-

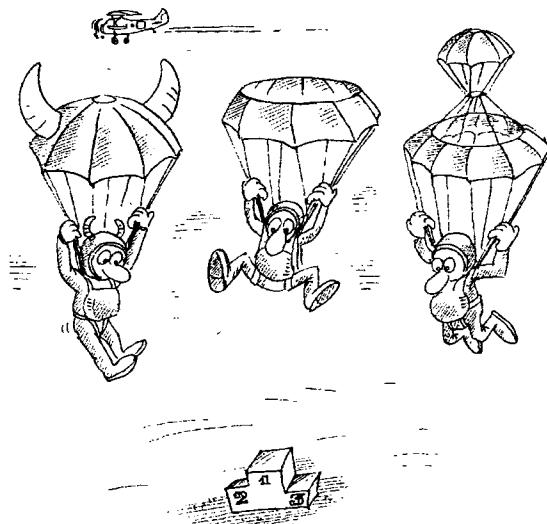
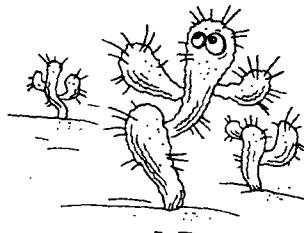


ветствующей внутреннему диаметру ракеты. Не снимая гильзу с навойника, подклеивают к ней бумажное дно.

Готовый стаканчик набивают составом бенгальского огня, предварительно смочив его спиртовым раствором камеди (1:10). Разноцветные смеси можно нанести послойно. Поверхность состава покрывают зажигательной подмазкой и присыпают мякотью, а для большей надёжности воспламенения в него вставляют кусок стопина.

К бумажному дну фальшфейера подклеивают картонный кружок аналогичного диаметра со вставленным металлическим ушком посередине и разогнутыми концами.

А теперь о главном... Наиболее подходящим материалом для парашюта служит ализент, шёлк, батист или каpron. Для изготовления небольшого



куполя вполне подойдёт папиросная, а ещё лучше – миколентная бумага, полиэтилентерефталатная или даже полипропиленовая плёнка.

Из многочисленных конструкций парашютов (плоских, полусферических, кольцевых, каскадных и так называемых «с аэродинамическими качествами») в пиротехнике из-за простоты изготовления в основном применяют

классические плоские. Наиболее оптимальной формой для них является круг либо стремящийся к нему многоугольник.

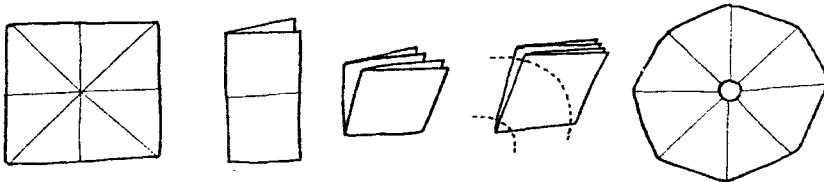
Площадь купола определяется весом полезного груза и непосредственно влияет на скорость его приземления. Для расчёта размеров ракетного парашюта существуют сложные формулы и графические номограммы, однако на практике принято считать, чтобы на 1 г полезного груза приходилось около  $2 \text{ дм}^2$  площади плоского полотна. Для сравнения, в десантных парашютах эта норма почти в 20 раз ниже, а наиболее распространённые парашюты типа Д5 и Д6 рассчитаны на среднюю нагрузку  $0,1 \text{ дм}^2/\text{г}$ , что позволяет снизить скорость падения до 5-7 м/с, не разбиться при приземлении и не успеть стать чьей-то мишенью.

Обязательным условием устойчивого планирования для парашютов плоской конструкции служит купольное отверстие в центре полотна. Его диаметр обычно в 50 раз меньше диаметра парашюта.

Практика показывает, что для надёжной эксплуатации парашюта количество строп должно быть не менее восьми, а их длина составлять 1,25-1,5 диаметра купола и более. Для ракет малых калибров их количество можно сократить. Как правило, это хлопчатобумажные нитки №10, однако вполне можно применять капроновые или шёлковые. Чтобы они не загорелись от действия вышибного заряда, их предварительно смачивают 5% раствором квасцов или составами 818, 819 и сушат.

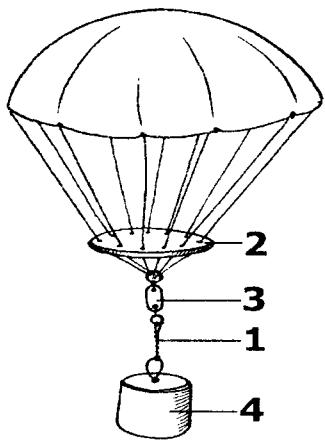
Таким образом, простейший парашют вырезают из квадрата, трижды перегибая его через угол, каждый раз уменьшая сектор вдвое.





В конце обрезают углы, как показано на рисунке, и купол готов.

При использовании ткани стропы равномерно подшивают по периметру парашюта либо к углам. Если же применяется микроленточная бумага, то их приклеивают казеиновым либо синтетическим конторским kleem, уложив радиально по краю купола змейкой в форме петли, а ещё надёжнее, накрыв накладкой. Подклевывать стропы к полиэтилентерефталатной плёнке можно только kleem типа «№88», выбирая сторону без металлизированного напыления.



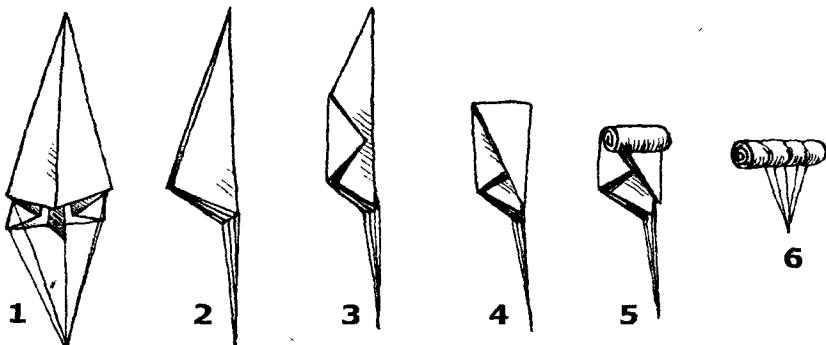
Стропы выравнивают по длине и связывают общим узлом с амортизатором – куском тонкой резинки типа «венгерки» (1). Он смягчает напряжение, возникающее в момент отстрела парашюта. В крупных калибрах для более быстрого наполнения парашюта стропы пропускают через промежуточный картонный кружок (2) с отверстиями по периметру и связывают с амортизатором (1) через рыбакий карабин (3) во избежание закручивания

(во «взрослых» куполах эту функцию выполняет специальная косынка). К амортизатору крепится фальшфейер (4). В мелких калибрах стропы фиксируют непосредственно к звёздке.

Очень важно, чтобы купол перед укладкой был абсолютно сухой, особенно в случае применения синтетических плёнок. Для надёжности раскрытия иногда его даже обрабатывают тальком.

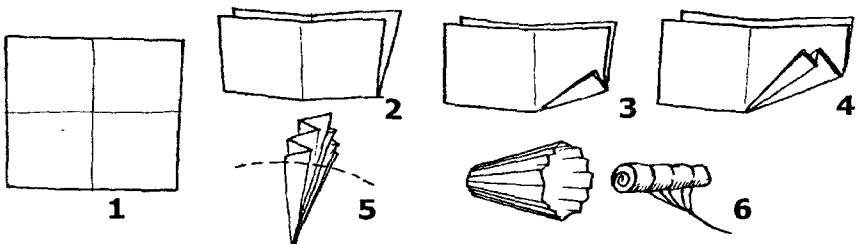
Важнейшим моментом является укладка купола. Его берут за вершину так, чтобы стропы сошлись внизу в одной точке (1). Затем складывают его как носовой платок вдоль линий, соединяющих

вершину с точками крепления строп (2). Дважды складывают купол пополам: сначала в продольном, а затем в поперечном направлении (3, 4).



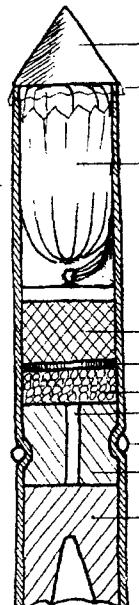
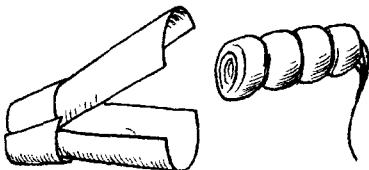
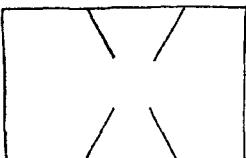
Сформировавшийся купол скатывают в плотный рулон (5), на который наматывают часть строп (6). Если стропы заворачивать полностью, укладка получается удобной и аккуратной, но пока они сматываются после отстрела, теряется высота раскрытия парашюта. Поэтому лучше остатки строп укладывать в ракетный чехол в свободное пространство над куполом в несвёрнутом виде.

Для удобства укладки парашюта, уменьшения трения о корпус при отстреле и защиты от пороховых газов применяют специальные бумажные чехлы из кальки. Простейший из них готовится по типу складчатого фильтра.



Вначале лист перегибают пополам дважды, находя центр (1, 2). Затем складывают его гармошкой так, чтобы сегменты начинались от центра (3, 4). Сложенный веер обрезают по длине (5) и разделяют двойные стенки, раскрывая чехол (6). Парашют укладывают в него стропами наружу.

Ещё легче приготовить гладкий разрезной футляр для парашюта.



Следует иметь ввиду, что парашют подобной конструкции должен отстреливаться до переворачивания ракеты, чтобы горящий фальшфейер не попал в купол. Поэтому высоту глухого состава (1) в таких ракетах уменьшают. При внутреннем диаметре ракеты 25 мм она составляет 1,5-2 калибра. Чтобы затравку не выбросило силой пороховых газов, на неё кладут деревянный цилиндр (2) с центральным отверстием (3) и перетягивают снаружи в этом месте (4). Поверх насыпают вышибной заряд (5) из нескольких граммов дымного пороха, вставляют фальшфейер (6) подмазкой вниз (7). Следующим заводят чехол со сложенным куполом (8), в который укладывают остатки строп. Торец гильзы герметично заклеивают бумажным кружком (9), а сверху приклеивают конусовидный бумажный обтекатель (10).

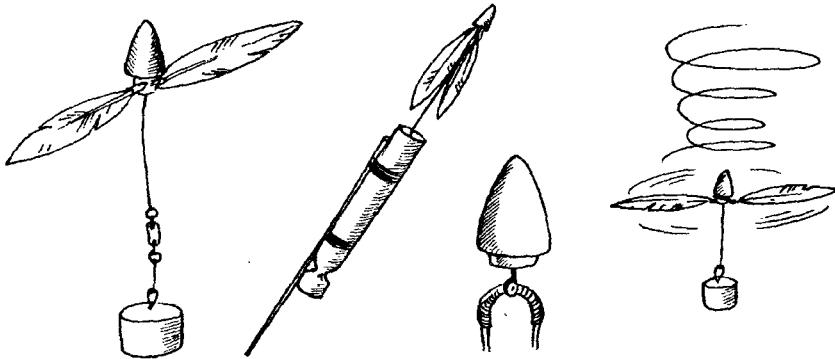
Иногда в подобных конструкциях применяют шатрик. Для этого гильзу над вышибным зарядом обрезают, вставляют в неё картонный кружок с дырочками, подмазанный мякотью и приклеивают шатрик или шубу, в которые укладывают фальшфейер, затем парашют (сложенный, но не смотанный), поверх него стропы и накрывают обтекателем.

Изготовление парашюта можно значительно упростить, используя вместо купола длинную ленту. Турублентные завихрения вдоль её поверхности придают волнообразную траекторию, что значи-



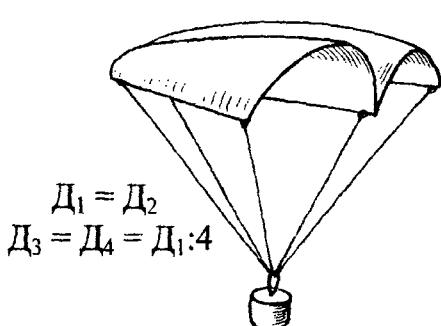
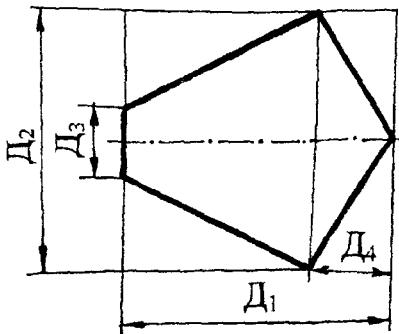
тельно замедляет скорость падения фальшфейера. Тормозную ленту вырезают из неплотной бумаги, эластичной полиэтиленовой пленки или лёгкой ткани длиной до 50 калибров при толщине 2-3 калибра.

Заслуживают внимания различные роторные замедлители падения, представляющие собой разновидности пропеллера. Они переводят часть кинетической энергии изделия в энергию вращения, снижая тем самым скорость его приземления.



Простейший воздушный винт для этого без затруднений можно изготовить, соединив концы гусиных перьев упругой резиновой трубкой или пружинкой и прикрепить за средину к пенопластовому обтекателю. Лопасти такого пропеллера легко согнуть и уложить в корпус ракеты.

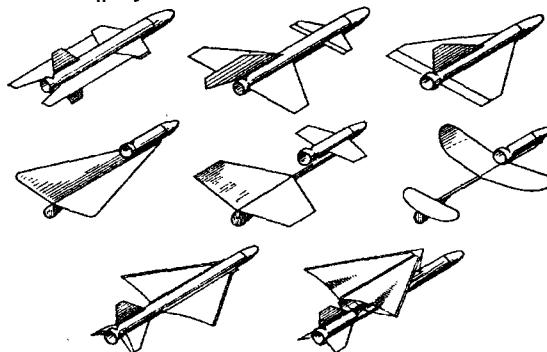
Чтобы заставить горящий факел медленно планировать в воздухе, воспользуйтесь парашютом с несимметричным куполом, так на-



зывающим «упругим или летающим крылом» типа «рогалло». Длина такого купола равна его ширине, а по форме готовый парашют стремится к треугольнику



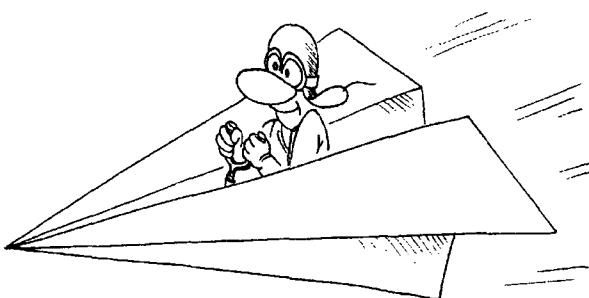
Следует иметь в виду, что ракеты представленной конструкции не только красивы в действии, но и весьма пожароопасны. Это следует учитывать, выбирая место для их запуска.



В последние годы в спортивном моделировании появились многочисленные конструкции ракетных самолётов – **ракето-планов**.

Реактивный двигатель поднимает такую «крылатую ракету» на нужную высоту

ту, после чего она «парит» в свободном полёте, иногда пролетая приличное расстояние. Для устройства фейерверков ракетопланы, как правило, не применяют из-за повышенной опасности распространения огня, хотя, возможно, именно Ваша конструкция найдёт своё достойное место.



## 29.8. От шевалье до павлиньего хвоста

**Х**отите быстрее попасть за границу – запустите ракету. В солидных фейерверках их часто поджигают большими партиями, комбинируя в различные композиции. Представьте себе гвардей-

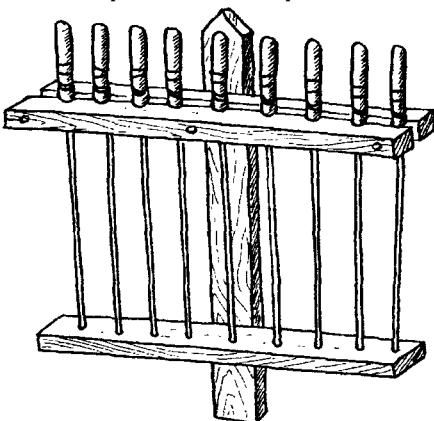
ский миномёт «Катюшу», в котором все ракеты взлетают вверх одновременно. Примерно так, только в сопровождении ярких цветных вспышек огненных звёздок срабатывает **шевалье**.

Эта ракетная установка состоит из вбитого в землю кольца с двумя горизонтальными перекладинами. При этом верхняя часть конструкции отличается большим разнообразием, например, её сбивают из двух реек по разные стороны центрального кольца, вставив между ними по торцам два узких деревянных бруска, чтобы сформировалась щель толщиной в несколько сантиметров. В образовавшийся зазор заводят ракетные хвосты. Выступающие из сопла стопины подвязывают к общему огнепроводу, надевают на него проводные гильзы и фиксируют к рейке.

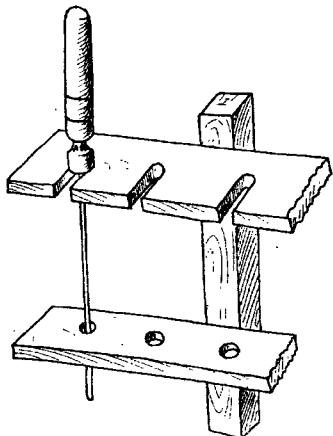
Нижнюю перекладину устраивают аналогично. Иногда для простоты изготовления вдоль одиночной нижней рейки натягивают проволоку, закреплённую к торцам, и хвосты ракет продеваются между ними.

Более удобной в эксплуатации является разновидность этой конструкции, в которой одна из реек верхней перекладины имеет по всей длине кромки длинный паз (шпунт) типа «вагонки», в который вкладывают центральный стопин и обклеивают писчей бумагой. Вторую рейку укрепляют чуть выше так, чтобы шейка установленной ракеты упиралась в неё. Достаточно прорвать в нужном месте бумагу, вставить в канал ракетный стопин (не подвязывая) и установка готова к запуску.

Вместо второй рейки для фиксации ракет можно к шпунтованной доске прибить выступающую на несколь-



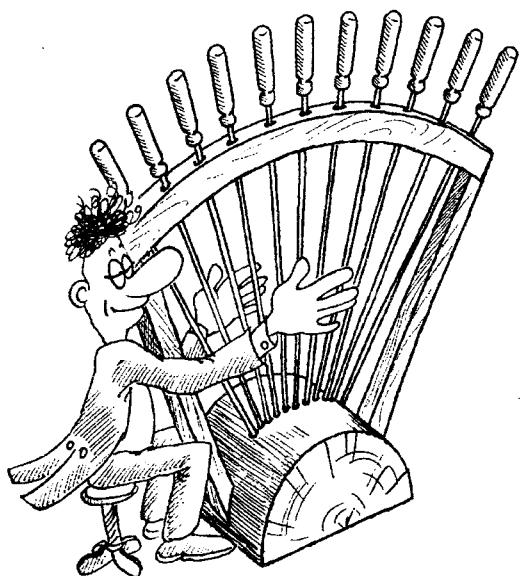
ко сантиметров жестяную полосу, а в паз заложить огнепровод и заклеить его бумагой



Верхнюю перекладину можно упростить, используя металлический уголок. При этом ракеты вешаются на его ребро и соединяются с центральным стопином в огнепроводной трубке.



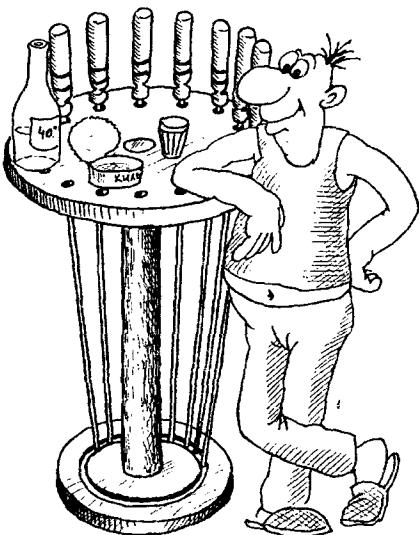
**Крупные установки для большей устойчивости чаще крепят к двум кольям П-образно. Они мало чем отличаются от шевалье, хотя называются по другому: павильон либо жирандоль из ракет.** Для их изготовления две длинные доски накладывают друг на друга и сверлят отверстия, диаметр которых слегка превышает толщину ракетного хвоста. Для удобства пользования в верхней планке можно выпилить прорези, что облегчит установку ракет, а для защадки стопина, выбрать рубанком-зензубелем длинный паз.



Если ракеты расположить веером, соорудив пусковую установку, напоминающую что-то среднее между арфой и древней лютней, то такая фигура получила название «павлиний хвост из ракет». Для этого применяют гнутые желоба, а вместо нижней перекла-

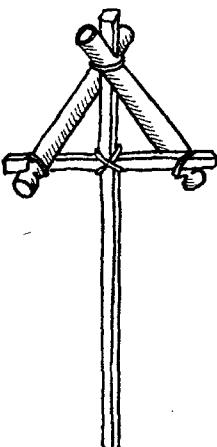
дины, можно использовать расколотый чурбан.

Описанные выше композиции имеют плоскую конфигурацию и в связи с этим достаточно экономичны, а смотрятся прекрасно. Если же Вы решитесь покорить зрителей широтой размаха, приготовьте **огненный спон** из множества ракет, кучно поднимающихся огненным столбом в небо и распускающихся фонтаном разноцветных звёздок. В качестве стеллажа вполне подойдёт круглый полированный стол из карельской берёзы, в котором ровным кольцом по периметру насверливаются отверстия. В крайнем случае, можно использовать старую табуретку, просверлив в её сидении побольше дырок и смазав поверхность зажигательной подмазкой. Её обклеивают бумагой, а после высыхания, прорвав отверстия, вставляют ракетные хвосты. Для лучшей устойчивости на стапте под установку насыпают кучу песка, в которую втыкают стабилизаторы. К этой фигуре воспламенительный стопин крепят по длиннее.



## 29.9. Жезл Меркурия

**В** попытках разрешить вечный конфликт наших потребностей с возможностями появилась интересная модель ракеты, в которой на два двигателя приходится всего один хвостовой стабилизатор.



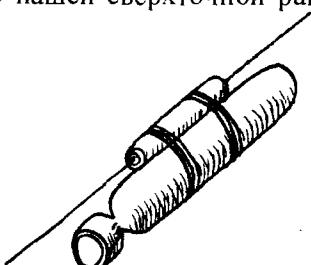
Вряд ли боги Олимпа испытывали нехватку комплектующих, но изделие почему-то назвали «**жезлом Меркурия**». Эту странную ракету готовят следующим образом. К длинному хвостовому стабилизатору подвязывают поперечную планку, к которой крепят на равном расстоянии шейки снаряженных ракетных гильз. Корпуса ракет на уровне глухого состава приматывают к стабилизатору с противоположных сторон так, чтобы возник вращательный момент.

Для вертикального полёта необходимо, чтобы ракетные двигатели были абсолютно идентичны и отклонялись от оси на равный угол. Стабилизатор устанавливают вдвое длиннее обычного. Для их синхронного воспламенения

кусок стопина вставляют в шейки обеих гильз и поджигают посредине. Ракета взлетает вверх, как бы ввинчиваясь в небо, оставляя великолепную искристую спираль из живого огня.

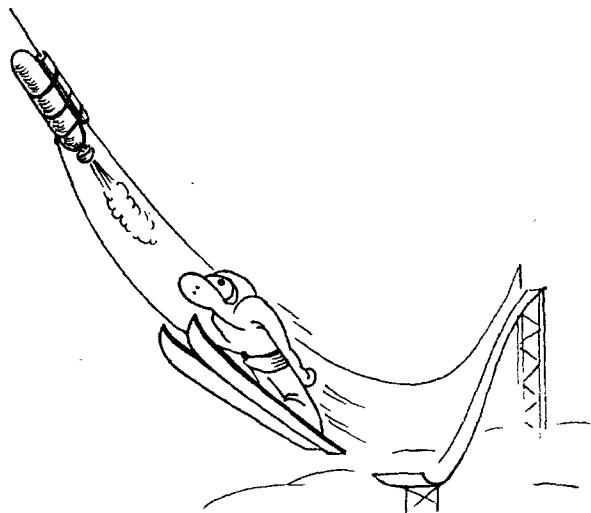
## 29.10. Банк и вокзал подождут – займёмся телеграфом

**Д**аже когда Вы выбрали самый верный путь, на всякий случай поинтересуйтесь, куда он ведёт. С нашей сверхточной ракетой это сделать намного проще – подвесьте её на верёвку, конец которой закреплён в нужном месте так, чтобы она могла по ней свободно скользить. Видимо, эта фигура появилась задолго до открытия электричества, хотя её называли «**телеграф**» или «**шнурфайер**».



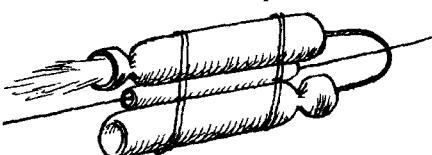
Этот снаряд преимущественно используют для воспламенения удалённых или высоко расположенных композиций фейерверков. Готовится он несложно. К простому ракетному двигателю без дополнительной начинки и стабилизатора приматывают сурьями нитками на клею прочную гильзу. Достаточно продеть через неё крепкую верёвку, натёртую мылом, натянуть её и изделие готово. Если поджечь фитиль, то телеграф-ракета с большой скоростью помчится вдоль шнуря, оставляя огненный искристый шлейф.

Для более надёжного воспламенения промежуточных фигур (например, свисающих над тросом стопинов большой группы ракет) скорость движения шнурфейера снижают, вводя в топливо больше искристых наполнителей. Иногда к головной части Ракеты прикрепляют свечу или швермер, направляя их против движения, а стопины поджигаемых по ходу фигур, обматывают вокруг троса, по которому скользит телеграф.



Можно прикрепить к гильзе бумажную фигурку типа пожарного с огненным фонтаном. Для поджигания композиций, расположенных в конце движения, лучше оставлять глухой состав открытym.

К бумажной гильзе можно подвязать несколько ракетных двигателей, направленных в противоположные стороны. Огне провод от глухого состава первой ракеты заводят в шейку



последующей. В этом случае огненный снаряд будет бегать по тросу как управляемый, временами меняя траекторию движения.

При желании шнурфайер легко переоборудовать в самостоятельную фигуру, например, в дымящий паровоз, украшенный контурными свечами и крутящимися колёсами из саксонского солнца.

## 29.11. Твердотопливный жаворонок

**О**тсутствие чудес обедняет жизнь, а ведь приготовить хотя бы одно из них Вы можете хоть сейчас. Пламенным вихрем с характерным жужжанием эта фигура, быстро вращаясь, поднимается над землёй. Выбрасываемые в стороны искристые потоки огня, чем-то напоминают крылья сказочной жар-птицы, а подъёмные струи пламени, слившиеся в широкий огненный столб, можно принять за её великолепный хвост. Более мелкие изделия тоже смотрятся прекрасно, проявляя некоторое сходство с быстрым взлётом испуганного жаворонка.

Именно так эту пиротехническую фигуру и прозвали, хотя за ней закрепилось ещё несколько звучных имён: «турбилион», «кубарь» или «столовая ракета».

По своему устройству такое изделие напоминает китайское колесо, у которого помимо вращательных есть ещё подъёмные отверстия и направляющее крыло, выполняющее роль стабилизатора полёта, а в некоторых моделях и подъёмника.

Для изготовления жаворонков используют плотные гильзы первого рода внутренним диаметром 13-30 мм и длиной в 15-16 калибров. Их снаряжают искристыми составами средней силы, учитывая диаметр изделия (табл. 91):

- с крупноискристой розовой лентой

а) пороховая мякоть 100

уголь мелкий 13

уголь крупный К·0,3

б) селитро-уголь (81:19) 100

уголь крупный К·0,15

- с бриллиантовой лентой

в) пороховая мякоть 100

уголь мелкий 13

железные опилки К·0,6

г) селитро-уголь (81:19) 100

железные опилки К·0,3

- с двуцветной полубриллиантовой лентой

д) пороховая мякоть	100	е) селитро-уголь (81:19)	100
уголь мелкий	13	уголь крупный	K·0,075
уголь крупный	K·0,15	железные опилки	K·0,15
железные опилки	K·0,3		

где К – внутренний диаметр гильзы в мм (компоненты прописей даны в весовых частях).

Шейку гильзы на 1 калибр забивают бумажной пробкой (1) и плотно запрессовывают горючим составом (2), оставляя до торца трубки пространство в 1,5 калибра. В конце вгоняют небольшой пыж из скомканной бумаги, а поверх него бумажную или деревянную пробку на kleю (1). Торец гильзы разминают и затягивают шнурком. Процедуру можно упростить, используя глиняные пробки. Иногда остатки головок срезают.

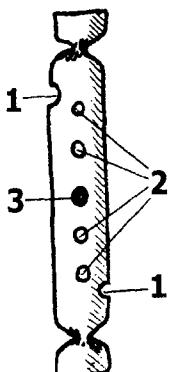
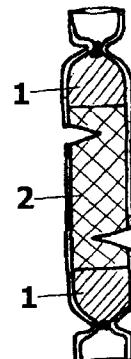
Подъёмные и вращательные отверстия диаметром 1/3-1/4 внутреннего калибра делают шилом, что несколько замедляет прогорание стенок. Горючий состав протыкают на половину калибра, формируя канал для начала воспламенения.

Места для подъёмных отверстий определяют следующим образом. Вдоль оси набитой трубы проводят линию. Затем бумажной

лентой замеряют длину окружности и, сложив её вчетверо, находят положение вращающих отверстий (1), формируя их по разные стороны от осевой линии (перпендикулярно к ней) на расстоянии 1-1,5 калибра от торцов гильзы.

Количество подъёмных отверстий (2) увеличивают с повышением калибра изделия. Так, для малых турбилионов (калибром до 15 мм) их достаточно всего 2, для средних (до 25 мм) – уже 4, а для крупных (30 мм), как правило, формируют 6 отверстий. Их протыкают на осевой линии, отступив на 1/3 калибра от уровня вращающих отверстий к центру, равномерно распределив расстояние.

Посредине осевой линии делают сквозное отверстие (3) для стабилизированного запуска изделия.





После этой процедуры будущий жаворонок больше похож на волшебную флейту, но Вы не расстраивайтесь: когда будет надо — он всё же полетит.

**Таблица 91. Искристые составы для жаворонков, адаптированные к калибру**

№ %		С крупноискристой розовой лентой									
		1758	1759	1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766	1767
		Калибр, мм									
Пороховая мякоть		30	25	20	16	13	30	25	20	16	13
Селитро-уголь (81:19)		82	83	84	85	85,8					
Уголь древ. мелкий						95,7	96,4	97	97,6	98	
Уголь древ. крупный		10,7	10,8	10,9	11	11,1					
		7,3	6,2	5,1	4	3,1	4,3	3,6	3	2,4	2

*или*

№ %		1758	1759	1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766	1767
		Калия нитрат	61,5	62,2	63	63,8	64,4	77,5	78,1	78,6	79,1
		Сера	10,2	10,4	10,5	10,6	10,7				
Уголь древ. мелкий		21	21,2	21,4	21,6	21,8	18,2	18,3	18,4	18,5	18,6
Уголь древ. крупный		7,3	6,2	5,1	4	3,1	4,3	3,6	3	2,4	2

**Таблица 91. Продолжение**

№ %		Бриллиантовые									
		1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775	1776	1777
		Калибр, мм									
Пороховая мякоть		30	25	20	16	13	30	25	20	16	13
Селитро-уголь (81:19)		76,4	78,1	80	81,6	82,8					
Уголь древ. мелкий						91,7	93	94,3	95,4	96,2	
Железные опилки		9,9	10,2	10,4	10,6	10,8					
		13,7	11,7	9,6	7,8	6,4	8,3	7	5,7	4,6	3,8

*или*

№ %		1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775	1776	1777
		Калия нитрат	57,3	58,6	60	62,2	62,1	74,3	75,3	76,4	77,3
		Сера	9,6	9,7	10	10,2	10,4				
Уголь древ. мелкий		19,4	20	20,4	20,8	21,1	17,4	17,7	17,9	18,1	18,2
Железные опилки		13,7	11,7	9,6	7,8	6,4	8,3	7	5,7	4,6	3,8

**Таблица 91. Продолжение**

№ %		Полубриллиантовые двуцветные									
		1778	1779	1780	1781	1782	1783	1784	1785	1786	1787
		Калибр, мм									
Пороховая мякоть		30	25	20	16	13	30	25	20	16	13
Селитро-уголь (81:19)		79	80,5	82	83,2	84,2					
Уголь древ. мелкий						93,7	94,7	95,7	96,5	97	
Уголь древ. крупный		10,3	10,5	10,6	10,8	11					
Железные опилки		3,6	3	2,5	2	1,6	2,1	1,8	1,4	1,2	1
		7,1	6	4,9	4	3,2	4,2	3,5	2,9	2,3	2

Таблица 91. Продолжение

%	№	1778	1779	1780	1781	1782	1783	1784	1785	1786	1787
Калия нитрат		59,3	60,4	61,5	62,4	63,2	75,9	76,7	77,5	78,2	78,6
Сера		9,9	10,1	10,2	10,4	10,5					
Уголь древ. мелкий		20,1	20,5	20,9	21,2	21,5	17,8	18	18,2	18,3	18,4
Уголь древ. крупный		3,6	3	2,5	2	1,6	2,1	1,8	1,4	1,2	1
Железные опилки		7,1	6	4,9	4	3,2	4,2	3,5	2,9	2,3	2

Стабилизирующее крыло по форме профиля гильзы готовят из

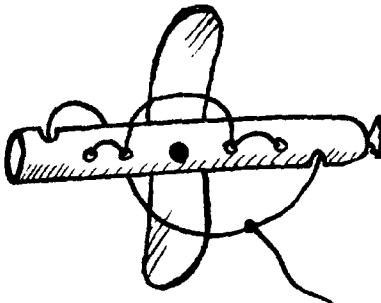
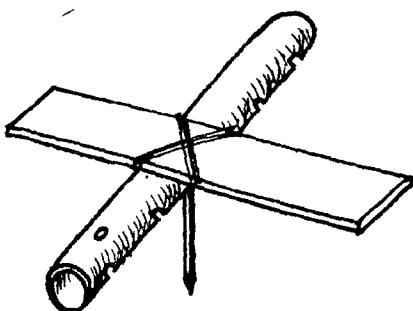
полоски плотного картона, тонкой дощечки либо из шпона и наклеивают перпендикулярно посредине изделия с противоположной стороны от подъёмных отверстий. Обычно, крыло просверливают по центру и в него на клею вставляют круглую деревянную палочку длиной в 5-6 калибров так, чтобы её заострённый конец плотно прошёл

через центральное отверстие в гильзе. В крупных изделиях приклеенное крыло дополнительно фиксируют суроюй ниткой на клею, перевязывая его восьмёркой.

Часто вместо выступающего стержня через центральное отверстие и крыло вклеивается короткая картонная трубка, что позволяет запускать жаворонки не только с горлышка бутылки, но и посадив на вертикальный шкворень, например, длинный гвоздь, вбитый насеквость в тонкую дощечку.

В изделиях поменьше вместо центральной оси достаточно подклейть толстый пыж. Мелкие жаворонки на ровной поверхности запускают без накладок и дополнительных приспособлений.

В подъёмные отверстия вставляют кусочки стопина, обрезают их вровень с поверхностью гильзы и фиксируют пороховой подмазкой. Затем соединяют их между



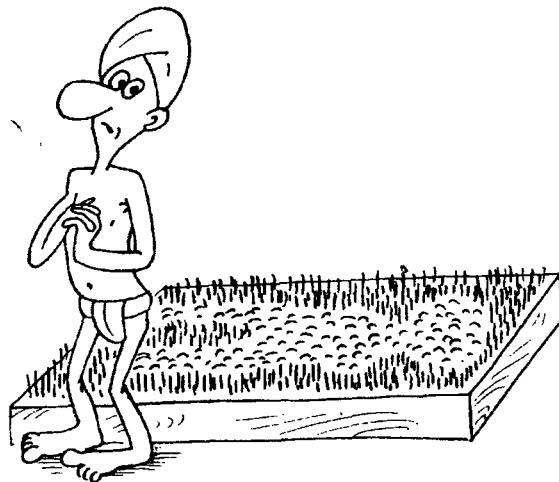
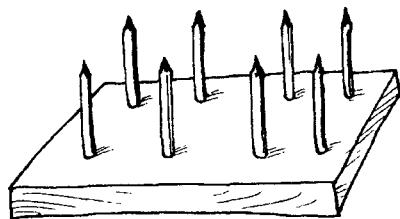
собой единым огнепроводом вдоль оси, фиксируют стопины зажигательной подмазкой и сверху заклеивают бумагой. Боковые вращающие отверстия соединяют между собой отдельным стопином так, чтобы он не касался огнепровода подъёмных отверстий. К его середине подматывают кусок стопина, который служит для воспламенения изделия.

Вначале срабатывают боковые отверстия, и жаворонок начинает вращаться, а уже через несколько секунд огненные струи из подъёмных отверстий, свинчиваясь в спираль, поднимут горящее изделие над землёй. Если же все отверстия поджечь одновременно, то фигура, не успев принять стабилизирующее вращение, может легко перевернуться.



В старицу подгулявшие гости умудрялись запускать эти мелкие изделия прямо с праздничного стола («**столовые ракеты**»). Если Вы решитесь последовать их примеру, то не забудьте хотя бы убрать скатерть.

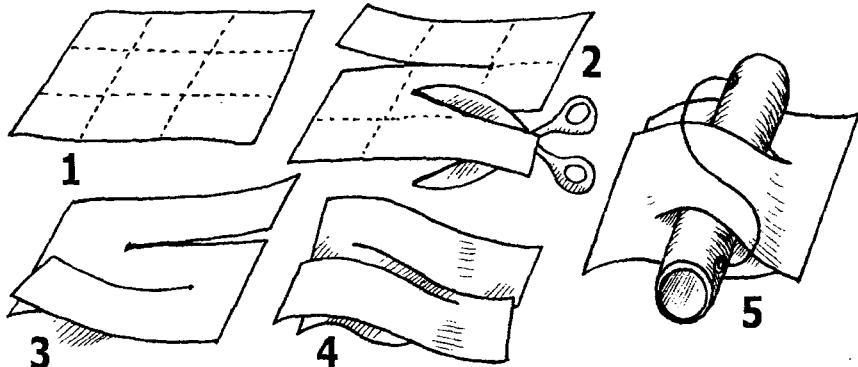
В антрактах между большими фигурами, особенно в начале фейерверка, прекрасно смотрятся стаи из жаворонков.



Для их одновременного запуска используют специальные стеллажи, представляющие собой, что-то типа Рахметовского ложа – широкой доски с набитыми насквозь крупными гвоздями. Насаженные на них жаворонки для одновременного запуска связывают единым

огнепроводным шнуром.

Турбилионы малых калибров можно изготовить без подъёмных отверстий. При этом подъёмная сила возникает за счёт их вращения, благодаря особому устройству крыла. Проще всего крыло-стабилизатор склеить из плотного картона по одной из приведенных выкроек. Например, лист картона делят на 3 части (1) и надрезают с противоположных сторон на 2/3 длины (2).

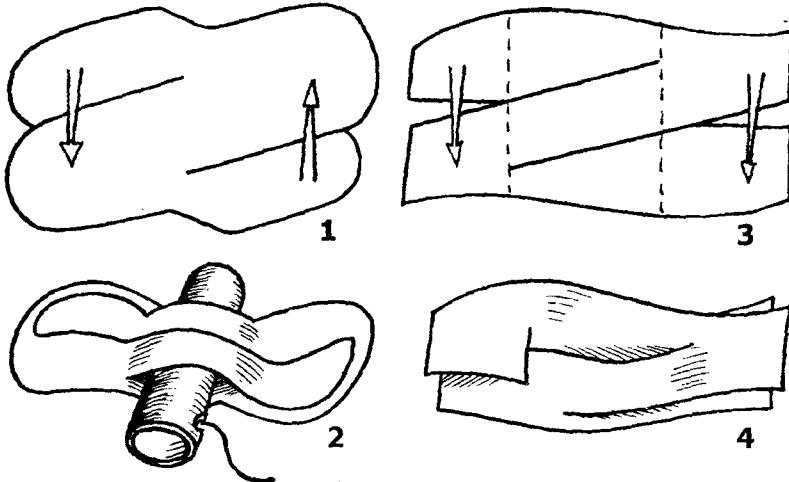


Затем концы обеих крайних полосок сдвигают к центру и наклеивают на среднюю (3,4). В образовавшийся между полосками зазор вклеивают короткую запрессованную гильзу длиной в 5 калибров и формируют боковые отверстия так, чтобы вращательный момент фигуры согласовывался с подъёмной силой получившегося пропеллера (5). В небольших изделиях (до 20 мм в диаметре) делают одно сопло, а в более крупных два и соединяют их общим огнепроводом для синхронного воспламенения.

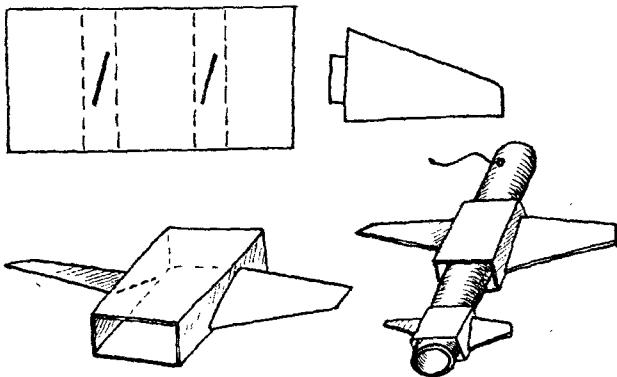
Имейте в виду, что такая «пчёлка» в два сопла поднимается значительно выше, горит более ярким огненным вихрем, но и сгорает намного быстрее.

Готовое изделие «правильной» стороной укладывают на ровную поверхность и поджигают. На описанного выше жаворонка оно, конечно, не дотягивает, но за огненную пчёлку или жужжащего шмеля пройдёт вполне.

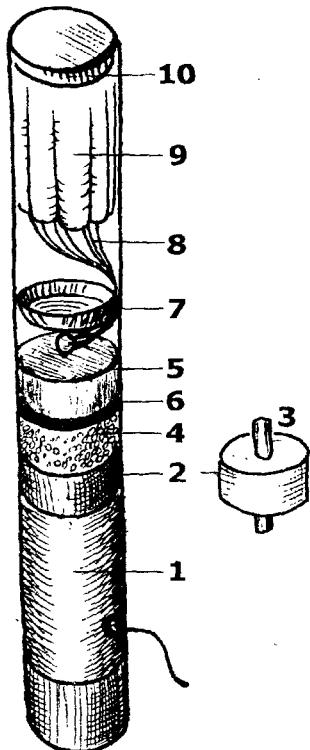
Эту фигуру можно разнообразить, слегка видоизменив конфигурацию подъёмного стабилизатора, к примеру, в виде крыльев бабочки (1,2) либо причудливого пропеллера (3,4).



Жаворонок нетрудно трансформировать в летающий **самолётик**. При этом их внешнее сходство определяется лишь конфигурацией крыльев, которые выкраиваются несколько иначе. Фюзеляж склеивают из прямоугольного куска картона, предварительно сделав по его бокам два разреза, куда вклеиваются крылья. Хвостовой стабилизатор склеивается по любому описанному выше чертежу.



Такой «самолёт» можно снабдить «катапультой». Для этого гильзу на половину забивают основным искристым составом (1). Поверх него вставляют на kleю пыж (2) с куском стопина (3) посередине и подсыпают немного зернистого дымного пороха (4), количество которого в граммах соответствует  $1/5$  части калибра,



выраженного в миллиметрах. Затем укладывают огненную звёздку (5) в виде куска трубки чуть меньшего диаметра, запрессованного тестом из пламенного состава с пороховой подмазкой (6) на торце. Плотно вгоняют П-образный картонный пыж (7) с гофрированными краями. Укладывают стропы (8), связанные со звёздкой (5) и сложенный бумажный парашют (9). Последним вставляют сравнительно тонкий картонный пыж (10).

Такая фигура, взлетая кубарем, в высшей точке подъёма отстреливает огненную звёздку, которая медленно планирует вниз. Это изделие очень красиво смотрится как в ночное, так и в светлое время суток.

Крупный турбилион можно украсить, запрессовав в горючий состав разноцветные пламенные слои, а под крыло стабилизатора подклеив минимортирку со звёздками.

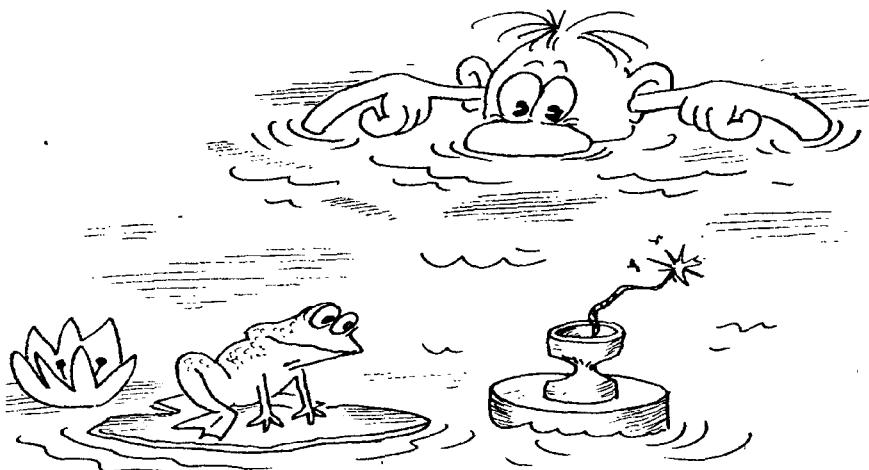
## Глава 30. Устраивая фейерверк, экономьте воду

**Е**сли Ваши огненные забавы уже достали соседей и пожарников, воспользуйтесь умным советом – смените амплуа. Фейерверк на воде куда более пожаробезопасен, выглядит не менее захватывающе, хоть и требует больших затрат и навыков.

Специфика такого представления заключается в том, что всем изделиям необходимо придать плавучесть и водоупорные свойства. Для этого их обрабатывают снаружи жиром, растопленным парафи-

ном, битумной смолой либо жидким стеклом. Особую сложность составляет система воспламенения фигур, расположенных в воде.

Категорически запрещается запускать подобные изделия с лодки, особенно резиновой, сложив в неё весь пиротехнический запас да ещё в присутствии весёлой компании на борту, чтобы не уморить смехом наблюдателей с берега, когда придётся выпрыгивать в воду.



Лучше всего для такого фейерверка подойдёт мыс на тихой воде, отдельный островок, небольшой плот или чья-то рыбакская «сижа», далеко выступающая от берега. Для разнообразия на небольшой глубине можно забить колья, выкрашенные в чёрный цвет, к которым закреплять различные мельницы и колёса.

### *30.1. Ду́кер или водяной фонтан*

**И**ногда эту фигуру ещё называют «нырком». Ду́кер вертикально плавает по поверхности воды, выбрасывая снопы огненных брызг, временами с журчанием ныряя под воду, и громко взрывается в конце горения.

Для устройства дукеров используют обычные фонтанные гильзы среднего и большого диаметра длиной в 10-15 калибров. На коротком стержне их набивают вначале глиной (1) на 1/2 калибра, а

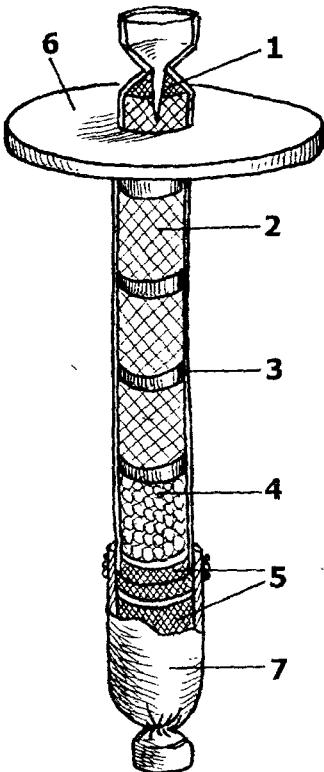
затем любым искристым фонтанным составом средней силы (2), чередуя его с прослойками пороховой мякоти (3). На каждую прессованную насыпку искристого состава высотой 1 калибр, набивают 1/4 калибра пороховой мякоти. В последующих слоях объём пороха слегка увеличивают, так как по мере выгорания состава дукер становится легче и для его погружения под воду требуется большая сила. Во избежание взрыва мякоть плотно запрессовывают. Если желают, чтобы горение закончилось выстрелом, насыпают 1,5-2 калибра мякоти (4), а поверх неё набивают 3-4 калибра глины (5). Конец гильзы затягивают либо заминают на клею.

Чтобы снаряжённая гильза не утонула, на расстоянии двух калибров от шейки к ней подклеивают поплавок (6) в виде деревянного, картонного или ещё лучше пенопластового кружка диаметром в 4-6 калибров с отверстием по центру под калибр фонтана.

Правильно приготовленный дукер при погружении в воду принимает вертикальное положение, а шейка его находится над водой. Для более «тонкой» регулировки погружения вместо глиняного балласта (5), забитого в трубку, иногда на дукер надевают дополнительную гильзу (7), заполненную песком, глиной или даже дробью.

Такую «грузовую» гильзу длиной 5 калибров катают по внешнему диаметру фонтанной гильзы, наглухо затянув один конец. После загрузки необходимого по весу балласта, её насаживают на клею на дукер, стягивая бечевой. Ещё проще соорудить противовес, подвязав к фонтанной гильзе мешочек с песком.

Готовое изделие тщательно покрывают жидким стеклом либо расплавленным парафином или битумной смолой. В последнем слу-



чае ещё тёплое покрывают песком, чтобы дукеры не слипались при хранении и тем более не прилипали к рукам при поджигании. Остается вставить в шейку дукера стопин и закрепить его пороховой подмазкой.

Дукеры осторожно спускают на воду, а затем поджигают пальмовой свечой, укреплённой на длинном шесте (можно воспользоваться удилищем), заодно отталкивая горящие фонтаны подальше от берега. Иногда ими снаряжают водные фугасы, в этом случае их делают чуть короче.

Любители острых ощущений бросают дукеры «с руки», но я бы Вам этого не советовал. Процедура эта весьма опасная (!), поэтому изделие держат, непременно, за грузило на вытянутой руке, отвернув голову. Воспламенившуюся фигуру сразу бросают в воду подальше от берега, не зажмуривая глаза, чтобы не попасть в зрительный ряд.

Нередко нырки пускают в горизонтальном положении. В этом случае поплавки к ним не крепят.

Кроме описанных «пульсирующих» нырков широко применяются обычные водяные фонтаны так называемого «однородного» горения. Они готовятся аналогично, но без прослоек пороха. Иногда в них добавляют искристые зёрнышки по типу букетов.

 Следует учитывать, что звук шлага водного фонтана, как правило, глушее, чем у воздушного выстрела.

## 30.2. Квекари – бегуны по водной глади

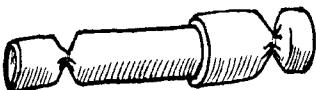
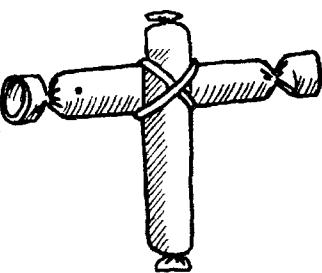
Эта весёлая пиротехническая фигура называется «квакун» или «квекарь». Она забавно бегает и вертится кубарем по поверхности воды, периодически ныряя и взрываясь под конец.

 По своему устройству квекарь представляет что-то среднее между китайским колесом с одним отверстием и дукером, к которому забыли приделать поплавок и грузило.

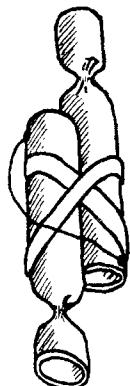
Для изготовления квекарей используют длинные прочные бумаги гильзы первого рода, обычно от 8 мм до 20 мм, причём, для самостоятельного применения – длиной в 13-15 калибров, а в случае снаряжения водных фугасов – не более 8-9 калибров.

Набивают их аналогично дукерам искристым составом (1) с прослойками пороховой мякоти (2) и шлагом (3). С обеих сторон гильзу забивают глиняными пробками (4) и наглухо перетягивают шпагатом. Одну головку (5) формируют подлиннее (она будет выполнять функцию ручки при поджигании), а другую срезают заподлицо и с её стороны над глиняной пробкой протыкают до средины состава отверстие (6) диаметром в 1/3-1/4 калибра. В него вставляют на пороховой подмазке кончик стопина и привязывают к гильзе ниткой.

Спуск квекарей на воду – процедура весьма опасная. Обычно, их зажигают в руках и бросают в воду по одиночке или же сразу по несколько штук (если повезёт). Не имея балласта, зажжённый квекарь ложится на воде плашмя или слегка наклонно и, быстро вращаясь, начинает хаотично перемещаться по поверхности, ныряя при каждом шлаге, издавая характерный звук («квок»), почему и получил ещё одно народное название «квакун».



В поисках придания квекарю более замысловатой траектории движения появились его «нетонущие» разновидности с поплавками, например, с подвязанной за шейку или посредине пускотелой гильзой, затянутой с обеих сторон либо насаженной одним концом на торец изделия.



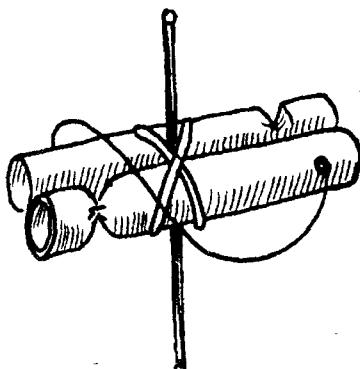
Иногда квекари связывают попарно боковыми отверстиями в противоположные стороны типа саксонского солнца, объединив общим огнепроводом. Воспламенённое изделие быстро подпрыгивает и кубарем

катится по воде. Но не забывайте, что риск при поджигании двойного квекаря, похожего на противотанковую связку гранат, повышается вдвое.

Спуск изделия можно сделать значительно безопаснее, подвязав его к длинной палке. Правда, это уже совсем другая фигура — «водяной бегун», потому что характер её передвижения абсолютно иной.

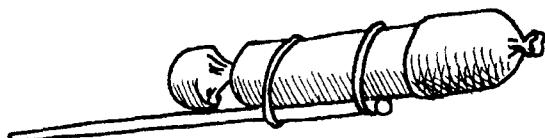
К центру деревянной рейки длиной не менее двойного размера снаряжённой гильзы крепят шпагатом перпендикулярно по разные стороны два квекаря, ориентируя их щлагами в противоположные стороны. Отверстия проделывают на одном квекаре вверх, а на другом вниз и соединяют их общим стопином в огнепроводной трубке, вырезая по центру фрагмент покрытия для поджигания.

Горящий бегун вращается вокруг не тонущей рейки наподобие пароходного колеса, причём, квекари поочерёдно то ныряют под воду, то поднимаются над поверхностью, как бы гоняясь друг за другом.



### 30.3. Водяные курьеры

**О**казывается, обычные ракеты и форсы элементарно научить бегать по водной глади, а чтобы они не «ныряли» чаще всего их снабжают специальными поплавками. Например, на головную часть плотно на клею надевают бумажную гильзу, затянутую с одной стороны.



Можно подклейть к ракете пустую трубку, забитую с обеих сторон, причём, если их

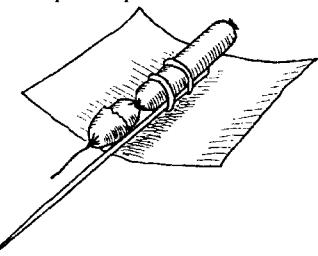
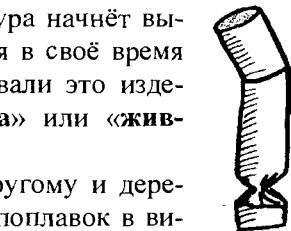
соединить под углом, то зажжённая фигура начнёт выписывать по воде огненные круги, не зря в своё время

немецкие фейерверkers назвали это изделие «Igtwische» – «непоседа» или «живчик».

Иногда поступают по-другому и деревянный или пенопластовый поплавок в виде кольца надевают на корпус ракеты.

Проще всего изготовить такой поплавок из двух конусов, склеенных основаниями и просверленных по оси. За весёлый нрав в стаинных изданиях эту фигуру

по типу двойного квекаря иногда также называли «водяным бегуном» – «Wasserläufer» (нем.).



Запускать такие **курьеры** лучше со специального стапеля, представляющего собой прогнутую жестянную полосу типа жёлоба, прибитого к кольям почти вровень с водой, либо с плавающей доски. Не страшно, если хвостовой стабилизатор (деревянный или даже картонный) свисает в воду. Для большей надёжности воспламенения к



ты без всяких поплавков. Они красиво мчатся по водной глади, ныряя в набежавшую волну и распугивая зазевавшихся рыбёшек.

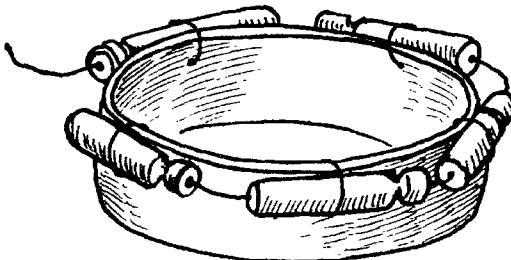
соплу ракеты лучше подклепить конус из вошаной бумаги длиной 5-7 см, а стопин вывести через его срезанный острый конец.

С такой установки можно запускать даже обычные раке-

### 30.4. Водяное солнце или огненный водоворот

**З**еркальная поверхность воды, отражающая каждую искорку, делает эту фигуру из вращающегося огня особенно прекрасной и неповторимой. К счастью, для устройства такого **водяного солнца** или **колеса** не понадобятся колья, стержни, втулки и сложные мельницы.

Достаточно разместить несколько форсов по периметру выступающего из воды поплавка, в качестве которого можно использовать толстый деревянный, а ещё лучше пенопластовый круг (он легче и поэтому раскручивается быстрее). В старину для такой забавы не жалели деревянную кухонную утварь. Вы же без затруднений сможете приспособить использованную укупорочную пластмассовую тару для продуктов типа круглой коробки с крышкой, например, из-под сметаны, йогурта или даже торта. По верхнему краю такой конструкции крепят проволокой подвижные фонтаны, протыкая коробку насквозь. Форсы располагают равномерно, чтобы фигура не заваливалась, и последовательно соединяют огнепроводом.



Для большей устойчивости в коробку подсыпают песок. Желательно его слегка смочить или накрыть картонкой, чтобы он не сместился при движении.

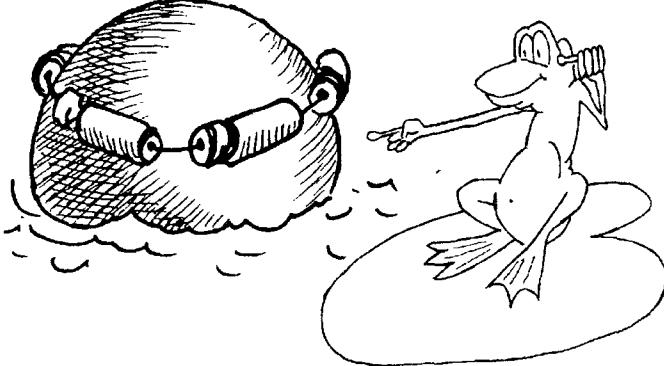
С целью придания этому **водяному солнцу** ещё более быстрого вращения иногда форсы подсоединяют в два ряда (один напротив другого). Если же они соединены последовательно, то огненный снаряд по мере выгорания пиротехнической смеси, вращаясь вокруг оси, начнёт описывать эксцентрические круги на воде. Для большего сходства такого **водяного колеса** с огненным светилом можно на крышке или в песке укрепить свечи с бриллиантовым составом, а если позволяет объём, то и фонтан.

Как правило, последний форс снаряжают шлагом. Готовую фигуру тщательно изолируют смолой и поджигают только на воде.

Принципиально огненный водоворот мало чем отличается от водяного солнца. В его конструкции функцию поплавка выполняет картонный шар. Его готовят методом папье-маше, обклеивая бумагой

массивный шар, например, для игры в кегли или даже футбольный мяч.

Напоминаю, что первые слои должны быть без клея. Когда толщина картонных



стенок достигнет 1,5-2 см, изделие сушат, а затем аккуратно разрезают на две равные половины.

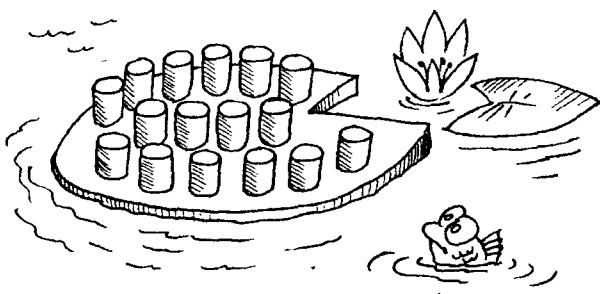
К одному из полушарий укрепляют kleem либо сургучом пушечный выстрел или фугас, при этом его стопин в проводной гильзе выводят наружу. Полушария склеивают вместе вначале бумагой, а затем холщовой полосой. Изделие тщательно покрывают гидроизоляцией (лучше жидким стеклом), обвивают обручем из проволоки, к которой крепят два ряда подвижных фонтанов, попарно заряжая их угольным, полубриллиантовым и бриллиантовым составом.

После сгорания форсов срабатывает пушечный выстрел. Если же хотят использовать шар повторно, вместо взрыва в фонтаны закладывают шлаги.

### *30.5. Римские свечи на службе у Нептуна*

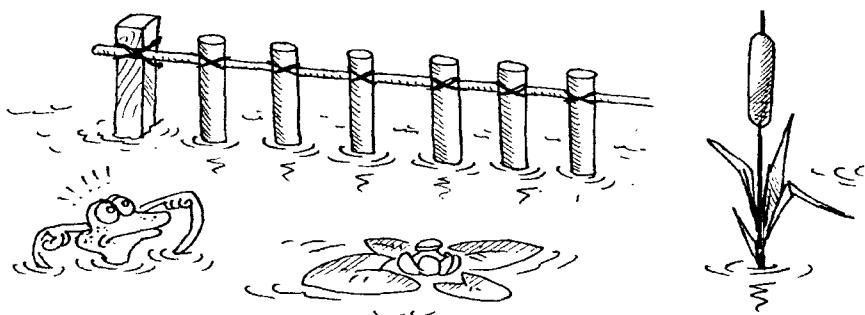
Приготовление помпфейерных жирандолей на воде не требует дополнительной квалификации. В фанерном круге диаметром не менее 30 см высверливают полтора-два десятка отверстий,

щательно выкрашивают темной масляной



тру фигуры мешочек с песком либо основание помпфейеров при запрессовке на несколько калибров забивают глиной.

краской и после высыхания плотно вставляют предварительно обработанные жидким стеклом римские свечи так, чтобы их горловины выступали на 1,5–2 калибра. Для балласта подвешивают к цен-



Для сжигания целой батареи из помпфейеров их подвязывают на одинаковом расстоянии к двум длинным деревянным планкам и крепят к кольям, забитым в грунт. Такой частокол лучше установить несколько в стороне, освободив центральную площадку для крупных вращающихся фигур.

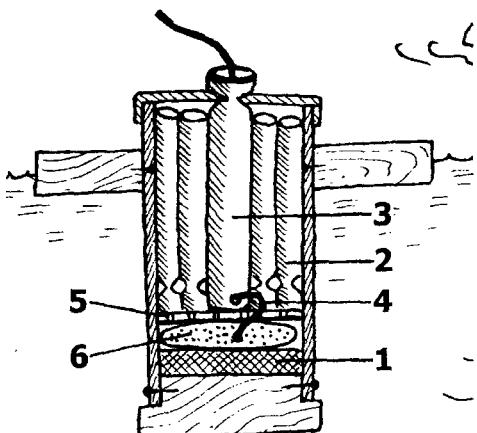
Поджигают непромокаемые римские свечи с лодки, что вполне безопасно, если заранее намечен маршрут отступления и разведен фарватер.

### 30.6. Водоплавающие пушки

**В** отличие от «настоящих» наша **мортира** может ещё и плавать. Гильзу для неё катают из тонкого картона. Её длина составляет всего 1,5–1,7 калибра. Наиболее ходовой диаметр водяной морти-

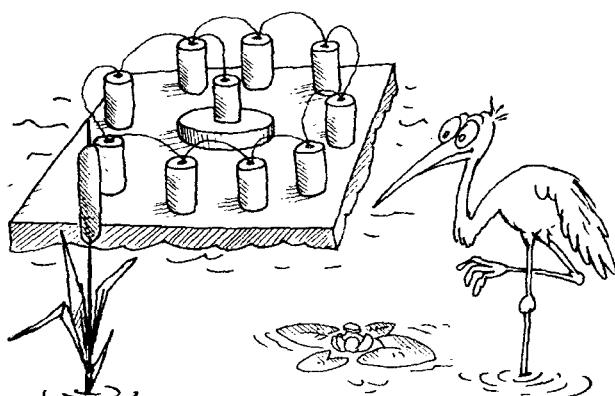
ры 15-20 см, а толщина её стенок 5-7 мм. К ней прибивают деревянное дно.

В широкой доске длиной до 1 м и толщиной не менее 3 см выпиливают круглое отверстие по наружному диаметру гильзы. Мортиру плотно вклеивают в него на горячем столярном клее, прибивая для надёжности изнутри к доске гвоздями так, чтобы горловина выступала над поверхностью на 7-10 см. Всё изделие тщательно обрабатывают внутри и снаружи любым водоупорным составом, а на дно для балласта забивают 4-5 см сухой глины (1).



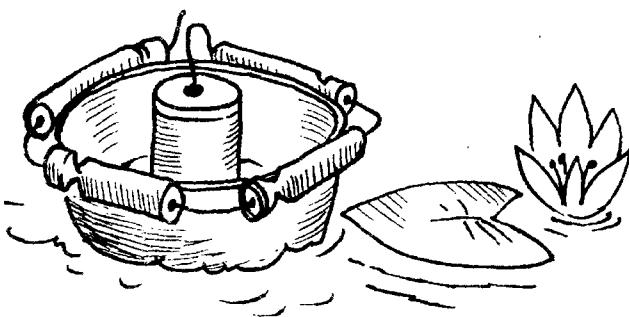
Снаряжают мортирку как обычный бурак швермерами, пчёлками или квекарями (2), между которыми устанавливают фонтан-замедлитель (3) крупного калибра (30-40 мм). Стопин (4) от его нижней части проходит через перфорированный фанерный круг (5) с пороховой подмазкой к бумажному пакету с вышибным зарядом (6). Горловину бурака накрывают круглой картонной крышкой с отверстием для фонтана и тщательно обклеивают плотной бумагой.

Объём дымного пороха вышибного состава даже для крупных калибров обычно не превышает 100-120 г. Этого количества достаточно, чтобы при выстреле швермеры и квекари не столько взлетали столбом вверх, сколько разбрасывались над водой, а затем раз-



бегались по её поверхности яркими огненными рыбками. Этому же способствуют относительно тонкие стенки **водяного бурака**.

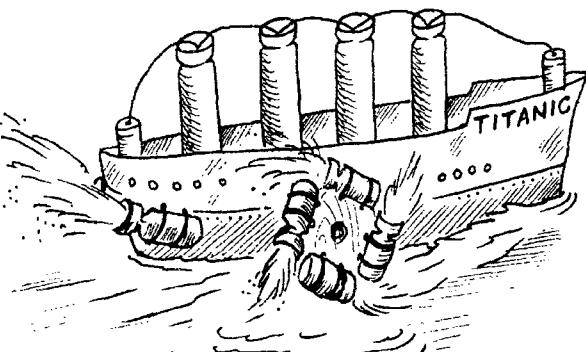
Эту фигуру можно значительно украсить, комбинируя с римскими свечами, или установив в бурак вместо фонтана в качестве замедлителя связку помпфейерных гильз. Для сообщения огня к вышибному заряду подводят стопин, выходящий из основания нескольких римских свечей.



ка. В крышке делают отверстие для мортиры, стопин которой соединяют с концом последнего вращающего форса.

Водяную мортиру или фугас, укреплённые на небольшом плотике, нетрудно закамуфлировать под водоплавающую птицу из папье-маше или даже небольшой пароходик из картона. Кораблик можно снабдить огненными колёсами, дымящими трубами, стреляющими помпфейерами и грозными ракетами. Для придания ему хода, желательно установить на плоту несколько перемен форсов. Жаль только, что такому красивому кораблю суждено быть взорванным метким огнём береговой артиллерии.

Небольшую мортиру неплохо установить на дно чаши водяного солнца с помощью густого столярного клея. Она же выполняет роль балласта. При необходимости подсыпают немного песка.



### 30.7. Подводный бенгальский огонь

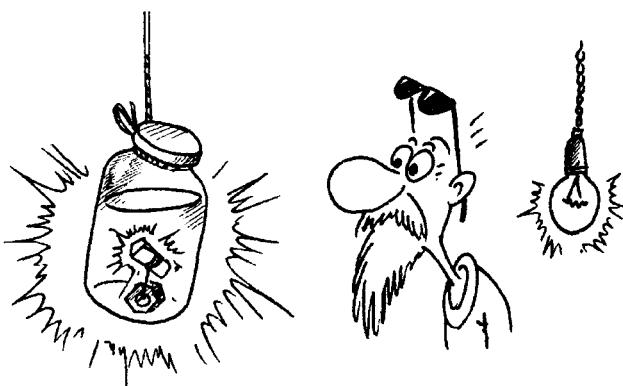
**П**ринято считать, что огонь и вода – вещи мало совместимые. Только не в нашем случае. Приготовьте специальный состав (сост. 1788), содержащий 65% нитрата стронция, 8% бертолетовой соли, 21% серы и 6% антимония. Естественно, что измельчённую бертолетову соль добавляют к подготовленной смеси в самом конце.

Состав осторожно запрессовывают в гильзу из вошаной или пергаментной бумаги, один конец которой наглухо затянут суровой ниткой и непроницаем для воды. К нитке подвязывают грузик и фигура готова.

Зажжённую гильзу бросают в воду. Если глубина её погружения подобрана правильно, вода начинает красиво светиться красным светом. Подобным приёмом браконьеры иногда загоняют ночью рыбу в сети.

Подводный огонь с ещё большим успехом можно сжечь в стеклянной банке с водой, которая на время превратится в «лампочку Нептуна». Вода хорошо связывает едкий сернистый дым, поэтому подобные изделия можно ограниченно использовать в помещениях. Смотрите только, чтобы не лопнула банка.

Если же бу-  
мажную гильзу за-  
править порош-  
ком магния и под-  
жечь с помощью  
зажигательной под-  
мазки, то в воде  
этот металл энер-  
гично запылает ос-  
лепительно-ярким  
белым светом и  
при этом не будет



традиционно дымить. Горящий магний не только не боится воды – она ещё и усиливает его горение.

## Глава 31. Мельпомена в юпитерах славы

**А**ртистов погорелого театра и фейерверкеров связывает старая трепетная дружба. Даже сегодня, когда на каждом шагу применяются электронные и оптические спецэффекты, театральная и эстрадная пиротехника не утратила своей актуальности.

Тем более трудно переоценить её значение до изобретения электрической лампочки, когда спектакли в театре, как и домашний телевизор, смотрели при свечах.

Главное требование к таким пиротехническим изделиям – полная безопасность для окружающих, в том числе отсутствие токсичных выбросов и задымленности при использовании.

Особенностью приготовления горючих смесей для помещений является полное исключение из их состава серы и солей некоторых тяжёлых металлов: ртути, мышьяка и свинца, хотя традиционно применяемые в театральных композициях соли меди, бария и сурьмы также весьма токсичны и требуют осторожного применения. Вместо серы широко используются природные смолы, лактоза и стеарин. Иногда для ароматизации воздуха в составы комнатных фейерверков добавляют небольшие количества душистых смол, например, ладана, мирры или хотя бы канифоли.

Подобные фигуры, как правило, миниатюрны и более доступны в изготовлении. Что же касается начинающих пиротехников, то это должен быть их любимый размер, хотя поджигать такие изделия в помещении вовсе не обязательно. Они помогут создать атмосферу праздника в вашем дворе и украсят самый изысканный ужин в открытом летнем кафе.

### 31.1. Театр начинается не с вешалки, а с освещения

**Д**авным-давно, когда театральные актёры уже были, а об электричестве ещё не догадывались, для освещения сцены ис-

пользовали специальные бенгальские, а точнее, **театральные огни**. При горении они не выделяли удушливых газов. Бумажные гильзы, набитые такими составами, сжигали в металлических коробках, соединённых с дымоходом. По сути дела это были первые прожектора. Отверстие в коробке позволяло направлять пучок окрашенного света на сцену. Для продолжительного освещения в такой «гиперболоид» было достаточно подкладывать гильзы с **театральным огнём**, а для более яркого освещения пиротехнические смеси сжигали на открытых блюдах.

В принципе, для использования в помещении подходят многие составы бенгальского огня, не содержащие серу, дымообразующие и ядовитые вещества (табл. 53-59), однако с учётом спектра пламени к разделу театральных традиционно относятся только некоторые из них (табл. 92).

Основным горючим компонентом таких смесей является шеллак, реже молочный сахар с добавками стеарина и ликоподия.

Наиболее яркое, белое освещение дают при сжигании полоски магния. Однако этот металл сильно дымит, а в своё время был просто недоступным. Лучшие театральные составы белого огня включают небольшие добавки карбоната бария (сост. 1789, 1790). При подсветке электролампой их пламя кажется ослепительно-белым, однако при солнечном освещении оно слегка отдаёт желтизной.

Таблица 92. Составы театральных и каминных огней

Таблица 92. Продолжение

№ %	Театральные								Каминные		
	Розовые		Красные			K-Ор	Пор	Zелёные	Gол		
	1798	1799	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807	1808
Калия нитрат	18	17									
Калия хлорат	55	54		35	17	32		80			
Натрия оксалат							7				
Стронция нитрат			80	52	66	48	74				
Стронция оксалат	5										
Стронция карбонат		6									
Меди (II) сульфид									10		
Сурьмы (III) сульфид										33	
Уголь древесный							20				
Медные опилки									17	83	
Цинковые опилки											33
Нашатырь									8	4	17
Винный камень									8	3	17
Ярь венецианская									33		
Ярь медянка									34		
Лактоза	18	19		4		12					
Канифоль							4				
Шеллак			20		17		15				
Стеарин				9		8					
Ликоподий	4	4									

Театральные огни желтого цвета включают оксалат натрия (сост. 1792-1794). Его растирают в мелкий порошок, смешивают с другими солями, растворяют в расплавленном шеллаке, по охлаждению толкуют, просеивают и аккуратно домешивают хлорат калия. Добавление к таким составам нитрата бария делает пламя ярко-лимонным с нежным зеленоватым отливом (сост. 1793), а включение стронциевой селитры сгущает его до оранжевого (сост. 1794).

Следует учитывать, что оттенки цветного пламени могут изменяться, в зависимости от типа освещения, например, состав 1795 на солнце горит салатным цветом, зато при свете ламп накаливания кажется густо-зеленым.

Введение в пиротехнические составы оксалата стронция (сост. 1798) придаёт пламени красивый, розово-красный отблеск, а замена его на нитрат делает пламя карминово-красным (сост. 1799-1802). Так, пиротехническая смесь 1800 даёт яркий, красный огонь со светло-оранжевым оттенком, но загорается труднее остальных. Состав 1802 позволяет получить эффектное, красно-оранжевое осве-

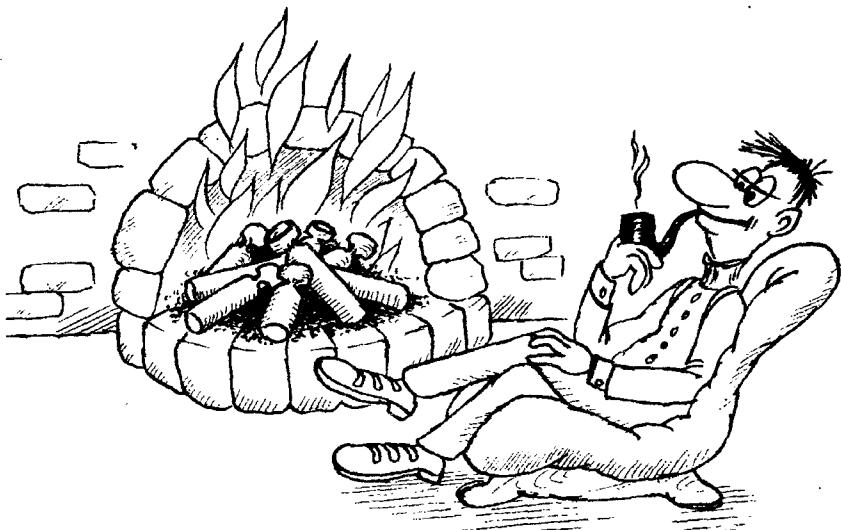
щение. Особенно красив при подсветке белых предметов театральный огонь 1799, сгорающий чистым, розовым пламенем. Густой, красно-оранжевый огонь даёт пиротехническая композиция 1804.

Для имитации пожара применяют жёлто-красные составы бенгальского огня (сост. 807, 1124, 1805). Пожалуй, лучшим из них является состав Руггиери 1124, сгорающий под цвет зарева с «красно-капуциновым» оттенком. При всей прелести окраски, из-за присутствия серы, без хорошей вытяжки в помещении использовать его нельзя.

В «хлоркаль-угольные» смеси 807 и 1805 добавляют немного камеди и зернят как дымный порох со всеми предосторожностями.

У вельмож средневековой Европы в большом почёте был так называемый **«каминный огонь»**, применяемый для окрашивания пламени костра или камина, чаще в зелёный или голубой цвет.

Такой порошок, высыпанный на раскалённые угли, быстро сгорает, поэтому чаще им набивали тонкостенные гильзы калибром 8-



25 мм, которые устанавливали у огня. В этих условиях составы 1806-1808 горят со скоростью около 40 см/час.

Для изготовления подобных композиций необходимо измельчённые, перемешанные компоненты пропитать в стеклянной посуде

уксусной эссенцией, накрыть крышкой, а через 4-5 дней высушить и повторно измельчить.

Составы 1806 и 1807 окрашивают каминное пламя в зелёный цвет, а смесь 1808 – в сине-голубой. Перед их поджиганием необходимо включить классическую музыку и выключить люстру.

### 31.2. Ода спиртовому огню

**К**то-то может возмутиться, что сжигать спирт не разумно и ему можно найти более достойное применение, но такие люди, как правило, театром интересуются мало. **Спиртовые же огни** очень удобны для сжигания в помещениях. Они абсолютно не дают копоти и практически не выбрасывают в атмосферу вредные вещества. Их важнейшим достоинством является минимальный расход химических реагентов и возможность регулировать скорость горения, а единственным недостатком – не столь яркое пламя.

Готовятся они очень просто: к чистому медицинскому спирту ( $96^\circ$ ) добавляют щепотку химически чистой соли, дающей спектральное окрашивание пламени. Если Вы читали книгу по порядку, то эти вещества Вам уже хорошо знакомы. Из-за высокой летучести в пламени лучше всего для его окраски подходят галогениды металлов, в основном хлориды, как более доступные. В случае применения нитратов спиртовое пламя становится ярче, но чуть менее интенсивно окрашено.

Для окраски пламени в различный цвет применяются следующие вещества:

**жёлтый** – любая соль натрия, но лучше поваренная либо чилийская селитра;

**оранжевый** – хлорид кальция (с кирпичным оттенком);

**красный** – хлорид либо нитрат стронция, хлорид лития;

**зелёный** – нитрат меди (II) или хлорид бария; хлорид меди (II) образует богатое зелёное пламя, с благородным синим контуром; красивый зелёный цвет с лёгкой желтизной даёт борная кислота;

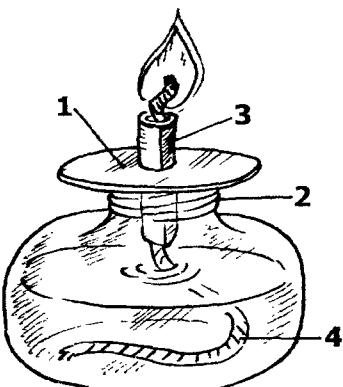
**голубым** пламенем горит чистый медицинский спирт ( $96^\circ$ ), цвет усиливается в присутствии хлорида цинка или олова, а также нитрата висмута (V);

**синий** – лучше всего подходит йодид меди (II) или хлорид индия, но можно использовать и обычные алюмо-калиевые квасцы;

**фиолетовый** – калия хлорид; калийная селитра даёт яркое фиолетово-синее окрашивание;

**белый** – смесь медицинского спирта ( $96^\circ$ ) со скипидаром (4:1).

Достаточно смочить таким «подсоленным» спиртом вату и поджечь на металлической подставке, но лучше использовать специальную спиртовку типа лампы Аладина только из стекла. Если не располагаете готовой – её нетрудно изготовить.



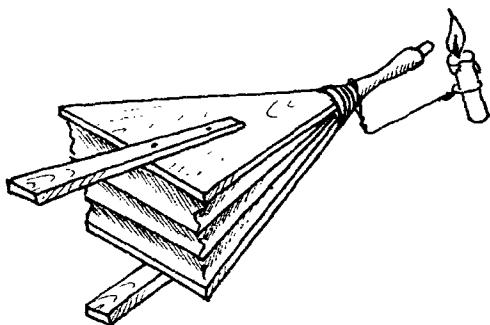
Из консервной банки вырежьте кружок (1), превышающий диаметр горловины стеклянной ёмкости (2), сделайте в нём отверстие, в которое плотно вставьте кусок трубы (3), скатанной из того же металла, и проденьте через неё фитиль (4) из ваты, асбеста или хлопчатобумажного шнурка от кроссовок. Спиртовка готова.

Залейте в неё «обработанный» спирт и можно поджигать, только не вздумайте её переворачивать: горячий спирт имеет очень низкое поверхностное натяжение, поэтому, растекаясь, он, воспламеняет большую площадь поверхности.

### 31.3. Молния на заказ

**В** своё время этот пиротехнический приём широко применялся для изображения грозы в спектаклях. Однако, учитывая, что установка для получения театральных молний больше напоминает огнемёт, я бы советовал применять её только вне помещений, предварительно спрятав актёров.

Наиболее старый способ метания молний по системе Зевса основан на сжигании взвеси ликоподия, выдуваемой специальными мехами, чем-то напоминая горение тополиного пуха.



В ручные меха всыпают подсушенный ликоподий, вставляют лейку для полива растений с впаянной трубочкой, куда закладывают ватку, смоченную спиртом. Достаточно поджечь ватку, сжать меха и длинное красновато-жёлтое пламя вырвётся наружу.



На досуге попробуйте приспособить к этой работе пылесос или хотя бы старый аккордеон. Факиры и заклинатели огня прекрасно обходятся и без них, выдувая порошок усилием своих лёгких.

Если же Вы не попали в число удачливых обладателей этого чудесного порошка - не расстраивайтесь, а попробуйте заменить его древесной мукой, предварительно вываренной в селитре, тщательно



измельчённой после просушки и протёртой через мельчайшее сито. Весь эффект будет зависеть от степени дробления и сушки продукта. Зато, изменив селитру, Вы сможете повлиять на окраску молнии.

Чтобы молния не промахнулась, используйте шнурфейер (телефон), а для большей яркости линии полёта покройте его снаружи составом белого огня.

Результат получится ещё правдоподобней, если для имитации зарницы воспользоваться специальными составами - вспышками голубовато-зелёного огня (сост. 1809, 1810, табл. 92) с добавлением магния. На металлический лист выкладывают 2-3 кучки смеси на расстоянии 5 см друг от друга и сообщают между собой небольшой дорожкой. При поджигании срабатывают подряд несколько ослепительных вспышек исключительно похожих на комнатную молнию. Остаётся лишь закончить их появление громом с помощью сотрясания подвешенного большого листа жести либо пушечным выстрелом, но никак не ударами по отопительным батареям.

### *31.4. Дайте дёрнуть за хлопушку*

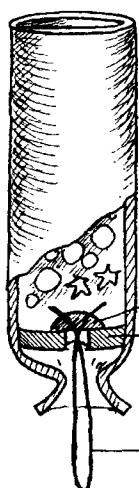
**П**о крайней мере, хоть раз в году, но о ней вспоминает каждый. Конечно же, это хлопушка и, конечно же, это Новый год.

Первые митральезы (а именно так их называли в Европе) больше напоминали конфеты в красочной обёртке, но с коварной начинкой из взрывчатых веществ. Чтобы лучше скрыть обман, для них придумали ещё одно название «конфетти». В плотную бумажную гильзу диаметром 20-30 мм вкладывали две картонные полоски, склеенные гремучей ртутью или серебром, внутрь засыпали конфетти либо рождественский сюрприз и заворачивали в тонкую пёструю бумагу, имитируя конфету. Попытка развернуть такой подарок заканчивалась сюрпризом.

В современных хлопушках используют фрикционные взрывчатые смеси на основе красного фосфора с бертолетовой солью, иногда с добавлением сульфида сурьмы. Они безопаснее в обращении, менее чувстви-



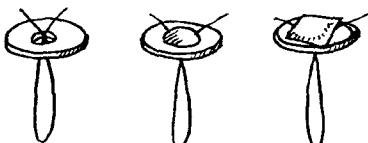
тельны к внешнему воздействию, не токсичны, но при взрыве выделяют белый дым, содержащий фосфорный ангидрид со специфическим запахом.



Для их приготовления в фонтанную гильзу диаметром 25 мм и длиной 4-5 калибров, полузатянутую с одной стороны, вставляют картонный пыж (1) с узким центральным отверстием, через которое продета верёвочная петля (2). Концы верёвки приклеены фрикционным составом (3), а сама петля через шейку гильзы выходит наружу. В гильзу высыпают конфетти и заклеивают отверстие папиросной бумагой.

Самое сложное в этом процессе – приготовить воспламенительную смесь (сост. 1811) и не взорваться. Во-первых, готовят её только в небольших количествах.

Вначале очень аккуратно смешивают (но не растирают!) измельчённую бертолетову соль с декстрином и доводят смесь водой до жидкого теста. Затем всыпают расчётное количество красного фосфора и антимония, тщательно перемешивают и наносят в виде густой капли на концы верёвки, продетой в отверстие картонного пыжа. Для большей надёжности эксплуатации нанесённую подмазку покрывают бумажным кружком и прижимают к пыжу. Дожидаться, когда она высохнет и затвердеет, для того чтобы вставить её в гильзу, не обязательно!



### 31.5. Они тоже бенгальские

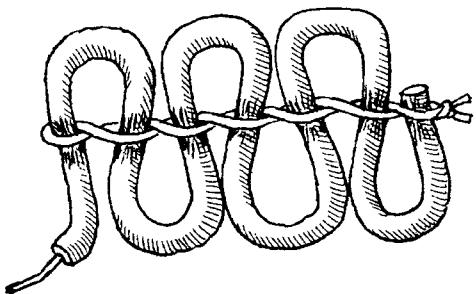
**П**лем, кто переборол страх и в своё время рискнул подставить свою ладонь под яркие, но не горячие искры любимых с детства ёлочных бенгальских огней, наверное, интересно узнать, как их изготавливают. Бенгальские свечи представляют собой стальную проволоку с нанесённым на неё горючим составом (сост. 1812, 1813, табл. 92) высотой 12-20 см и диаметром 6-8 мм.

Рецепт их изготовления прост: воронёные чугунные опилки с примесью алюминиевой пудры или порошка магния смешивают с окислителем (чаще с нитратом бария) и разводят декстриновым клейстером до состояния густой сметаны. В эту смесь три раза окунают нарезанную проволоку, закреплённую в рамке, каждый раз хорошо просушивая.

За счёт высокой теплопроводности металлизированное горючее загорается с трудом и одной спички может не хватить, особенно на улице, поэтому на верхушку состава лучше нанести «головку» из зажигательной подмазки.

### *31.6. Она прыгает, как лягушка*

**Р**ассмешить заскучавших гостей лучше удачной шуткой, но можно воспользоваться шутихой. Красивого пламени Вы от неё не дождётесь, зато прыгает такая лягушка лучше, чем настоящая, да ещё и под звуки выстрелов.



ны зигзагов суровой ниткой, стягивая змейку так, чтобы в местах перегибов просвет гильзы уменьшился почти до 1/3 первоначального диаметра либо наоборот, таким образом, перетягивая середины. Подожжённая за остаток выступающего стопина лягушка быстро прыгает с громкими хлопками и причудливо переворачивается, неожиданно меняя направление.

Существует менее трудоёмкий способ приготовления шутих, но он требует большей точности и аккуратности в исполнении. Стандартный лист писчей бумаги формата А4 разрезают по длине на 5-6 по-

Для изготовления шутихи в проводную трубку про-девают две нитки стопина и раскатывают кухонной скалкой. Потом гильзу сворачи-вают змейкой, делая зигзаги по 25-35 мм, а для большей аккуратности предваритель-но разметив карандашом. Затем перевязывают середи-

лосок. Длинный край каждой полоски отгибают на 1 см, а в образовавшийся желоб насыпают до 5 г пороховой мякоти, либо сильного искристого состава, распределив его равномерно. С одной стороны кладут кусок стопина, так что бы он выступал за край бумаги. Пригибают отогнутую полоску и тщательно сворачивают бумагу в виде длинного пакета, приглаживая каждый оборот бумаги. Сплющенный рулон размечают карандашом, изгибают змейкой и перетягивают бечевой как описано выше.

### *31.7. Пакая в от петрушка*

**Ж**ехитрые пиротехнические фигурки, одна из которых получила название «петрушка», возникли с момента открытия пороховых смесей и без особых изменений дожили до наших дней. Отчасти это связано с красочной картиной их горения, а ещё больше с лёгкостью изготовления. Действительно, куда проще... Достаточно смочить пороховую мякоть или другую искристую смесь водкой, а ещё лучше с добавлением цементатора (камеди, каифоли либо даже пива или кваса), и сформировать из полученной массы фигурку в виде кегли или конуса.

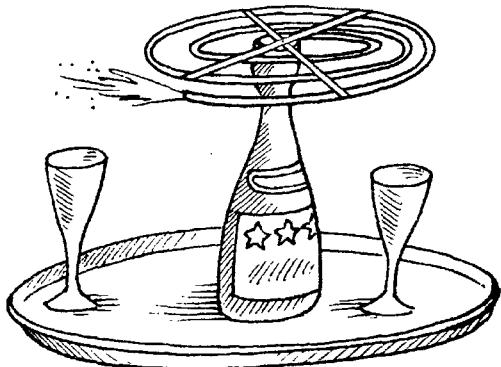
Если для петрушки применяют пороховую мякоть (чистую либо в смеси с металлическими опилками) тщательно сушить фигурку не обязательно, потому что в этом состоянии она дольше горит. Для сжигания в закрытых помещениях чаще применяют селитроугольную смесь с железными опилками.

Горящие петрушки, разбрасывающие звёздчатые искры, яркостью огня напоминают фонтаны, но проигрывают тем, что не образуют красочный вздымающийся шлейф пламени.

### *31.8. Булавочное колесо*

**С**подобной фигуркой Вы уже встречались, только эта совсем маленькая – не зря её запускают на обычной булавке и прозвали «спиральным» или «булавочным колесом». Технология изготовления таких **комнатных лиусинов** мало отличается от описанной выше. Используют проводные гильзы того же диаметра (4-6 мм),

но значительно короче. Достаточно длины стандартного листа писчей бумаги формата А4, который распускают вдоль на 6-7 полосок,



для сворачивания трубочек в 2-3 оборота. Для снаряжения применяют искристые или пламенные форсовые составы без серы (табл. 73-76)

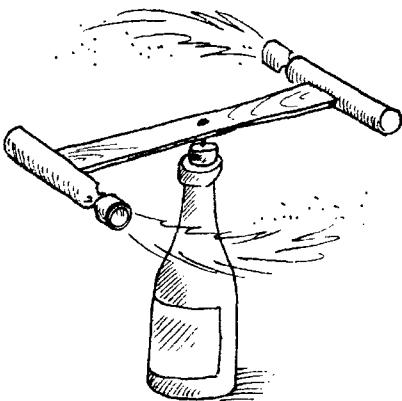
Прокатанную гильзу можно сворачивать без деревянной втулки, заклеивая центральную часть лиусином картонным кружком.

Готовую спираль при-

шпиливают булавкой к корковой пробке, вставленной в бутылку, и поджигают прямо на полированном столе любимых соседей. Бутылку можно взять в руки и заставить колесо вращаться в вертикальной плоскости подобно вентилятору.

### 31.9. Карманный вариант солнца

**Э**ту эффектную фигурку комнатного фейерверка готовят по типу «штангового колеса», только размеры изделия уменьшают в десятки раз, а вместо деревянной рейки используют картонную полоску. Два маленьких форса калибром около 6 мм и длиной 8 см, снаряжённых сильным искристым фонтанным составом без серы (табл. 73-76), подклеивают к концам полоски из плотного картона, ориентируя их в противоположные стороны. По центру картонной штанги вклеивают короткий (~1 см) кусок тонкой гильзы, выполняющей роль ступицы

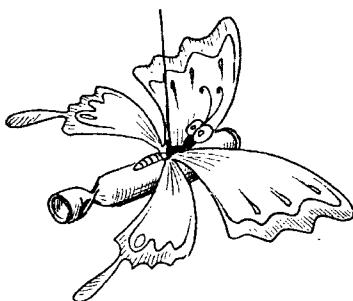


колеса. Форсы соединяют общим огнепроводом. Готовую фигуру насаживают ступицей на булавку, воткнутую в корковую пробку, стоящей на столе бутылки.

При поджигании **булавочное (комнатное) солнце** красиво вращается в горизонтальной плоскости.

### 31.10. Ну, настоящий полковник

**По** своему устройству **комнатные фонтаны** отличаются от описанных выше только малым калибром (8-10 мм) и составом горящей смеси без серы (табл. 68-72)

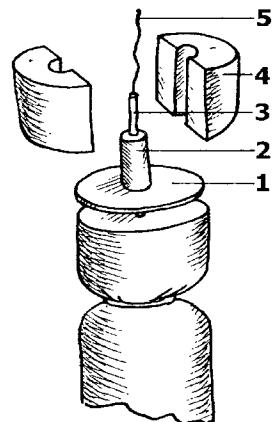


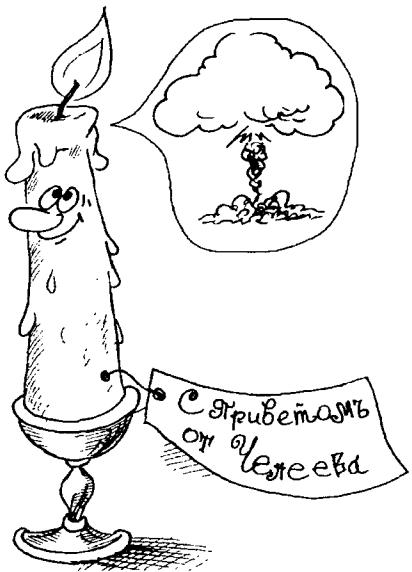
Так, фонтаны для подсвечников изготавливают калибром в 10 мм и длиной около 15 см. Обычно, их устанавливают на пол.

Более мелкие фонтаны внутренним диаметром 8 мм относятся к категории ручных. Для безопасности их использования поверх горючего состава в такие гильзы набивают 5-7 см сухой глины, формируя ручку.

Иногда комнатные фонтаны подвешивают за середину на суро-вой нитке. При горении они описывают круги вокруг вертикальной оси. Для красоты их можно украсить бумажными бабочками, которые начнут порхать по сцене.

Ещё в 1824 году полковник русской армии, большой шутник, Челеев предложил камуфлировать комнатные фонтаны под стеариновые свечки. Чтобы ввести людей в заблуждение, снаряжают фонтан, соответствующий диаметру свечки. В центре картонного пыжа (1) делают отверстие, в которое вставляют проводную трубку (2) длиной в несколько сантиметров. Этим колпачком





Приготовленные свечки Челеева скоро после поджигания напомнят зрителям, что они с сюрпризом.

### 31.11. Огненные колосья

**П**ожалуй, огненные колосья – это наиболее лёгкая фигурка театрального фейерверка. Длинные проводные гильзы диаметром 5-6 мм набивают мелкоискристым составом огненного дождя, на основе нитрата свинца (сост. 1066-1068) и подвешивают небольшими снопами. Особенно красиво сгорает комбинированный полубриллиантовый состав 1066: золотая, обильная искрами огненная лента, вытекающая из гильзы, при богатом воображении чем-то напоминает зрелый колос ржи.

Несмотря на отсутствие едкого сернистого дыма, использовать такие фонтанчики в закрытых помещениях крайне нежелательно из-за общетоксичного действия, выделяющегося оксида свинца. Лучше всего их сжигать во дворе возле дома или у летней беседки в саду.

заклеивают жерло фонтана, выводя стопин (3) через трубку наружу. Отрезают короткий кусок свечи, распускают его на две половины (4), выбирают в них сердцевину и фитиль (5), который связывают со стопином. Закрывают стеариновыми половинками проводную гильзу (2), выводя фитиль наверх. Конструкцию фиксируют, обклеивая в один оборот полоской тонкой белой бумаги, и аккуратно «красят» стеарином, растопленным на водяной бане. В целях пожарной безопасности перегретый стеарин или воск не должен затекать внутрь фонтана!

### *31.12. Такие маленькие, а уже фигурные*

**П**ри желании ими можно украсить юбилейный торт, но лучше использовать для небольших огненных транспарантов и картин не связанных с едой. Они красиво смотрятся, а главное, по сравнению с обычными контурными свечами позволят Вам сэкономить массу реактивов.

Для комнатного фейерверка применяют **миниатюрные фигурные свечи** калибром в 2,5-3 мм и высотой 4-5 см. Гильзы для них скатывают из чистой тонкой бумаги в два оборота на крахмальном клейстере и забивают дно на 1 см глиной.

Затем гильзы штук по 50 переносят в пол-литровую стеклянную банку, засыпают сильным свечным бессерным составом (табл. 60-67), накрывают крышкой и энергично встряхивают. Через время, когда гильзы частично наполняются, досыпают состав взамен израсходованного и продолжают встряхивать. Набитые гильзы вынимают из банки, их открытый торец запрессовывают пороховой подмазкой и припудривают мякотью. Таким образом, готовят свечи разных цветов и выкладывают из них картины, которые, к счастью, не плохо горят.

## Глава 32. К вопросу о гармонии цветов

**Д**аже если смешать самые дорогие духи – достойного запаха можно так и не добиться. Также и в пиротехнике: не все цвета пламени гармонируют между собой, а некоторые даже изменяют восприятие окраски «соседей», причём, не всегда в лучшую сторону.

В частности, когда в ночном небе загораются одновременно тёмно-красные и ярко-белые огненные звёзды, то последние воспринимаются с красивым зеленоватым оттенком.

Тот же эффект наблюдается, если долго смотреть на красную поверхность, а потом перевести взгляд на белый предмет, то он кажется совершенно зелёным. И наоборот, белая поверхность выглядит красной, если перед этим долго смотреть на зелёную. Прямо как в «гражданскую»: утром в деревне красные, а к вечеру белые.



Знание этих явлений позволит вам добиться прекрасных цветовых эффектов в пиротехнике порой самым простым образом, не привлекая труднодоступные и дорогостоящие реактивы. Так, существуют сочетающиеся цвета, удачно дополняющие друг друга, например, богатым дополнением красного выступает зелёный, жёлтого – фиолетовый и голубой, оранжевого – синий.

Поэтому в пиротехнике, а тем более при устройстве фейерверков придерживаются определённых правил цветовой гаммы. Считается наиболее гармоничным расположение цветного огня в следующей последовательности: красный, зелёный, синий, фиолетовый, жёлтый и белый.

Красный цвет неплохо гармонирует практически со всеми цветами радуги, особенно с зелёным, но теряет яркость в присутствии белого и проигрывает в окраске в присутствии жёлтого.

Зелёный цвет хорошо сочетается с красным, чуть хуже с фиолетовым и, наконец, с жёлтым. Его сочетание с синим считается не самым удачным, поскольку тот сбивается на фиолетовый, а с белым – так и вовсе исключением из правила.

Жёлтый цвет вполне универсален и подобно красному неплохо сочетается с остальными. Это сродство несколько убывает для него в следующем порядке: фиолетовый, синий, зелёный, белый и красный.

Белый цвет наиболее ранимый и хорошо смотрится только в гордом одиночестве. В сочетании же с любыми другими цветами он неизбежно теряет чистоту окраски, всё больше вырождаясь в ряду сопутствующих цветов: красный, жёлтый, зелёный, голубой и, наконец, наиболее «разрушительный» для него – синий. К примеру, если во время демонстрации на фоне белых свечей загорится жёлтое пламя – зрители будут наблюдать, как белые свечи перекрасятся в голубой цвет. Если же цвет дополнительного пламени будет красным, белые свечи покажутся зелёными.



Есть ещё одно очень важное условие: дополнительный цвет, который влияет на окраску, должен быть более ярким и чем эта разница существеннее, тем нагляднее результат.

Так, бывалые пиротехники в сложных композициях из фигурных свечей часто применяют дешёвые бесстронциевые составы типа 1265, сгорающие неплотным, примитивным, красно-коричневым

огнём. Однако на фоне смесей ярко-зелёного пламени (сост. 1365, 1367-1369, 1395) они приобретают великолепную, пунцовую окраску, а в свете ослепительного, жёлтого огня (сост. 1340, 1342, 1344, 1355) и вовсе кажутся густо-фиолетовыми с благородной синевой. И, наоборот, очень доступные недорогие «медные» свечные смеси типа 1402, дающие не яркое и не очень чистое голубовато-зелёное пламя, расположенные рядом с составами блестящего, алого огня (сост. 1251, 1252, 1262) выглядят как чистый изумруд.

Обычно, маловыразительные, слабые, голубоватые «цинковые» составы типа 1407 рядом с ярко-красными приобретают густо-голубую либо сине-зелёную окраску. Яркие же цинковые огни (сост. 1513, 1515, 1596) и составы типа «голубая струя» (сост. 1521-1523) необыкновенно облагораживают тусклые красные тона до карминовых.

Если же в огненной композиции окажутся одноцветные составы разной светосилы, то более бледные из них приобретают неприглядный вид, например, на фоне интенсивного алого пламени более тусклые красные огни выглядят грязно-жёлтыми, а при длительном наблюдении даже зеленоватыми. Аналогичным образом смеси благородного тусклого изумрудного огня в свете ярко-зелёного пламени воспринимаются как грязно-кумачовые с булыжным оттенком.

Сильное взаимовлияние на цвет пламени оказывает не только состав, но и количество сжигаемых фигур. К примеру, небольшое белое пламя в окружении цинковых огней кажется жёлтым среди едва голубоватого. Если же количество белых огней добавить, то цинковое пламя станет насыщенным голубовато-зелёным.

Как правило, пламенный огонь ярче искристого и способствует его вырождению, поэтому вместе их употребляют только в исключительных случаях, когда искристый огонь более интенсивен, в частности, прекрасный голубой состав 1433 на фоне смесей бриллиантового огня.

Рядом с составами ярко-алого пламени бриллиантовые смеси сгорают необыкновенно красивыми, изумрудными искрами.

Манипулируя многочисленными составами, приведенными в книге, возможно, Вы сумеете установить не менее удачные комбинации цветного огня и даже вывести новые правила и закономерности совместного сжигания пиротехнических смесей.

## Глава 33. С подачи Моисея.

### Заповеди пиротехника-любителя

**K** счастью, в своё время Моисей ограничился всего десятью заповедями, хотя прелюбодеяние в последний момент всё же включил. Так и любой пиротехник, прежде чем приступить к изготовлению фейерверков, должен знать, чего он категорически не должен делать. Безопасность можно обеспечить только постоянной бдительностью.

1. Прежде всего, запрещается использовать для изготовления фейерверков жилые помещения, даже если соседи об этом не догадываются. Лучше всего для этого подходят отдельно стоящие постройки, например, сарай, флигель или даже беседка. Химическая лаборатория, в которой Вы собираетесь синтезировать недостающие компоненты, должна располагаться в другом месте. Летом в тихую, безветренную, сухую погоду работы с пиротехническими составами лучше проводить на открытом воздухе.
2. В мастерской обязательно должны отсутствовать источники огня (например, газовая горелка или плита) и электронагревательные приборы (тем более с открытой спиралью). Зато неотъемлемым её атрибутом должен стать огнетушитель и вытяжной шкаф.



3. Чистота в рабочем помещении – непререкаемое условие. Порой достаточно уронить молоток на пол с рассыпанным пиротехническим составом, чтобы потом двадцать раз пожалеть, что он не упал на ногу. По этой же причине надо отказаться от обуви с металлическими набойками. Имейте в виду, что ко дну ёмкости для столярного клея иногда прилипают остатки горючих веществ, которые мгновенно воспламеняются при его повторном разогревании, даже если это делать не в мастерской.
4. Запасы горючих веществ непосредственно в производственном помещении не должны превышать нескольких загрузок. По мере расходования они пополняются.
5. Ни в коем случае готовые пиротехнические изделия не хранят в мастерской.



6. Изготовление горючих составов и снаряжение ими пиротехнических изделий проводят только в защитных очках, а ещё лучше и удобней в прозрачной защитной маске.
7. Для работы с едкими и токсичными веществами обязательно применяют респираторную маску или работают под тягой. Ещё лучше обрабатывать такие составы на открытом пространстве.

- В этом Вы легко убедитесь даже при попытке измельчить безобидный древесный уголь.
8. Компоненты для фейерверков измельчают только раздельно. Категорически запрещено растирать в ступке смеси бертолетовой соли с горючими веществами. Для её измельчения используют отдельную ступку и даже индивидуальное сито.
9. Во избежание самовоспламенения составы, содержащие бертолетову соль и серу, не хранят, особенно, если в такие смеси добавлен нитрат свинца. По этой же причине недопустимо использование легкоокисляющегося серного цвета в бертолетовых составах.
10. И, наконец, главное: тщательно мойте руки перед едой – большинство пиротехнических компонентов токсичны либо обладают слабительным действием.



|| Если у Вас ещё не возникло желание преступить хоть одну из предложенных заповедей, значит, с Вами что-то не так!

Кроме того, при эксплуатации пиротехнических изделий существует ещё 10 категорических «НЕЛЬЗЯ»:

- производить пуск лицам в не очень трезвом состоянии;
- доверять пиротехнические изделия детям и людям с неуравновешенной психикой;
- использовать такие изделия после 23 часов (за исключением Нового Года);
- применять изделия ближе 50 м от собственных построек, личного автотранспорта и скопления людей, а тем более под арками, деревьями или в подъезде;
- запускать изделия с рук или наклоняться над ними, чтобы заслонить от ветра или прикурить сигарету;
- направлять изделия на людей (даже Ваших соседей), строения (даже с закрытыми форточками) и насаждения (даже зелёные);
- подвергать изделия механическим воздействиям, в том числе, подкладывать на рельсы трамвая;
- разжигать или сушить пиротехнические фигуры на костре;

- подходить к отказавшему изделию в течение 5 минут, а тем более просить об этом непосвящённых прохожих;
- хранить пиротехнический арсенал вблизи от нагревательных приборов и открытого огня, а тем более под капотом чужого автомобиля.

## Глава 34. Показуха

**К**лассный фейерверк должен начинаться как извержение вулкана, а потом напряжение можно усилить... Впрочем, всё по порядку...

Сначала выберем для него место. Это должна быть большая открытая площадка, не менее чем метров на сто удалённая от пожароопасных объектов.

Амфитеатр для зрителей располагают с наветренной стороны в 20-30 м от пусковой площадки.

Сценарий праздничного вечера на прямую зависит от числа и ассортимента заготовленных фигур. Лучше начать фейерверк с шумовых эффектов: вначале по слабее (типа петард или шлагов) и усиливающихся до марсового огня или пушечной канонады. Такой сигнал напомнит всем опоздавшим, что представление началось без них.

На смену этим фигурам запускают наземные шутихи: огненных волчков, мелких пчёлок, чижиков и жуков, которые, кружась на



ровной поверхности, укроют поляну разноцветными огненными цветами. Между ними эффектно смотрятся бегающие огненные мышки, прыгающие лягушки и разлетающиеся со свистом сверчки и кузнечики.

Вспыхнувшие в темноте тематические картины и транспаранты из контурных свечей напомнят присутствующим причину веселья. Их лучше поджигать в несколько перемен.

Далее вступают композиции из неподвижных фонтанов. Все возможные вееры, кресты, мозаики, ёлки и пальмы великолепно смотрятся в очертании одиночных фонтанов. Сложные виды неподвижного солнца, ниспадающие отливные водопады и каскады лучше выглядят в гордом одиночестве.

В этот момент самое время запускать вращающиеся композиции из форсов: по началу попроще, например, различные гирлянды, узлы или цветы, переходя к штанговым колёсам, сложным видам солнца и мельниц. Эксцентриковые фигуры обычно сжигают отдельно, чтобы привлечь больше внимания.

Особую красоту наземному фейерверку придают вертикальные пирамиды, капризы и весёлые бегуны.

По мере затухания огня подходит время поднять в ночное небо стайки пылающих жаворонков и самолётиков. Пчелиный рой выпускают отдельно под конец этой композиции.



Залпы помпфейерных батарей возвестят о новой перемене фейерверка, венцом которой станет жирандоль из римских свечей.

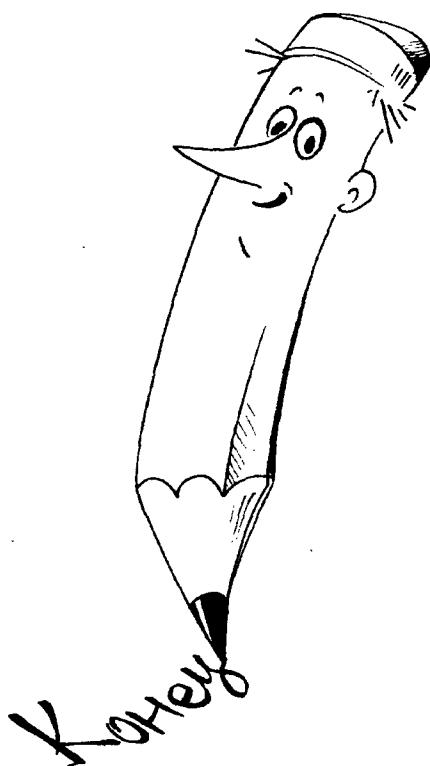
Не допуская пауз, начинают запускать ракеты: вначале те, что поменьше, образуя из них шевалье, павильоны, огненные снопы и павлины хвосты, а ближе к финалу – крупные со звёздками.

На заключительном этапе поджигают бураки, фугасные ящики и выстреливают из крупных мортир люсткугели, светящиеся бомбы и бомбетки с огненными звёздками и швермерами. Этот момент является кульминацией любого фейерверка, а громкие взрывы лишний раз напомнят, что славный праздник подошёл к концу.



|| Прежде чем попрощаться, хочу напомнить: если перед тем, как сесть читать эту книгу, Вы поставили молоко на плиту, то наверняка оно у Вас уже сбежало.

Остается добавить, что чудесные иллюстрации для книги нарисовал очень весёлый художник Софиенко Дмитрий Георгиевич, который под конец настолько увлёкся пиротехникой, что всерьёз подумывает о смене амплуа.



# Предметный указатель

- А
- Arkcit, 277
  - ALT-161, 277
  - Aisit, 277
- Е
- EREС, 277
- F
- Filipps petrol, 277
- G
- GCRC 201-6, 277
- H
- HES-4916, 275
- R
- Rocket, 277
- А
- Абрикосовая камедь, 49
  - АЗоамин красный Ж, 62
  - АЗурит, 29
  - Акариодная смола, 52, 53, 111
  - Активированный уголь, 44
  - Алюминий, 4, 59, 60, 260, 277-279
  - Алюмо-калиевые квасцы, 64
  - Американское солнце, 194
  - Амилоза, 56
  - Амилопектин, 56
  - Аммиак, 44
  - Аммиакаты медных солей, 26
  - Аммония нитрат, 277
  - Аммония перхлорат, 91, 277
  - Аммония пикрат, 276, 277
  - Антимоний, 39, 40, 67-69, 128, 147
  - Антимонит, 39, 40, 67, 91, 98, 112, 114, 116, 118, 119, 129, 131, 133, 134, 136, 140-142, 147, 149, 151, 164, 185, 333
- Б
- Антрацен, 58
  - Аравийская камедь, 49
  - Аркебузы, 215
  - Армейские 107-мм сигналы ночного действия, 256
  - Асфальт, 115
  - Аурамин, 63
  - Аурилигмент, 41
  - Ацетат меди (II), 30
  - Ацетат свинца, 37
  - Ацетата меди (II) моногидрат, 30

Булавочное солнце, 343  
 Булавочное колесо, 341  
 Бура, 148  
 Бураки, 245, 247, 248, 328, 329  
 Бурак со звёздками, 247  
 Бурый древесный уголь, 46

## В

Вазелин, 275  
 Веер, 171  
 Венецианская ярь, 30  
 Вертун, 195  
 Весёлый шар, 251, 254  
 Виндер, 77  
 Винный камень, 14  
 Винтовальные пищали, 217  
 Винтовки, 217  
 Витерит, 18  
 Вихрь, 226  
 Вишнёвая камедь, 50  
 Водопад, 177, 178, 210  
 Водяной бурак, 329  
 Водяное колесо, 325  
 Водяное солнце, 325, 326, 329  
 Водяной бегун, 323  
 Водяной фонтан, 319  
 Водяные курьеры, 323  
 Водяные бегуны, 324  
 Вращающиеся пирамиды, 211  
 Вращающиеся швермеры, 225  
 Вращающийся водопад, 210  
 Вращающийся каскад, 210  
 Высокотемпературный стопин, 93

## Г

Галтель, 80  
 Гемисульфид меди, 31, 32  
 Гидразин, 24  
 Гидрокарбонат натрия, 16  
 Гидрохлорид 2,4-диаминоазобензола, 62  
 Гирлянда, 191  
 Глухой состав, 284, 286-288, 292-296, 303, 309, 310  
 Горная зелень, 28  
 Горная синь, 29, 91, 120, 123, 136, 151-153, 164, 190  
 Гранатная игра, 247  
 Гранаты под мортирку Дьякова, 220

Графит, 275  
 Греческий огонь, 47, 214  
 Гуммиарабик, 49, 56, 90, 91, 127  
 Гуммилак, 53  
 Гусиная лапа, 171

## Д

Даммара, 53  
 Двойное огненное колесо с ядром, 199  
 Двойной швермер, 224  
 Двойная мельница, 203  
 Декстрин, 56, 91, 114, 116, 118-124, 143, 145, 151  
 Диgidроксодикарбонат меди (II), 29  
 Диgidроксокарбонат меди (II), 28, 29  
 Динатриевая соль индиго-5,5'-дисульфокислоты, 61  
 Динитротолуол, 275  
 Диоксид свинца, 36, 38  
 Дистанционная трубка, 218, 252-259, 287  
 Дисульфид олова, 42, 43  
 Дифениламин, 274, 275  
 Диэтиленгликольдинитрат, 275  
 Диэтилфталат, 275, 277  
 Древесный уголь, 45  
 Дукер, 319  
 Дымный порох, 66, 68, 228, 240, 248, 253, 272, 273, 334

## Е

Единороги, 217  
 Елки, 177  
 Елочные бенгальские огни, 339

## Ж

Жаворонок, 311, 316  
 Жезл Меркурия, 309  
 Железный сурик, 129  
 Железо, 60  
 Жёлтая кровяная соль, 14  
 Живчик, 324  
 Жирандоль, 242, 307

## З

Зажигательная подмазка, 93

Запал, 100  
 Затравка, 287, 303  
 Затяжник, 83  
 Затяжной стержень, 81  
 Звёздки, 108  
 Зелёнка, 63  
 Зелёный крон, 30  
 Змеиная звёздка, 224  
 Змейки, 222

## И

Идитол, 54, 91  
 Индиго, 61  
 Индигокармин, 61  
 Индийская селитра, 6  
 Искристые составы для звёздок, 124

## К

Калёные ядра, 215  
 Калийная селитра, 6  
 Калия перхлорат, 118, 133  
 Калия хлорат, 118, 133, 134  
 Калия ацетат, 153  
 Калия нитрат, 6, 67, 91, 98, 112, 113, 115, 116, 118, 121, 123, 124, 129, 131-134, 136, 140, 141-143, 145, 147, 148, 150-153, 157, 160, 164, 166, 184-186, 190, 237, 240, 260, 272, 273, 275, 281, 282, 284, 285, 313, 314, 332, 333  
 Калия перхлорат, 12, 67, 91, 112-116, 118-121, 124, 129, 131-133, 135, 136, 142, 143, 146, 147, 149, 151, 153, 190, 260, 277

Калия хлорат, 8, 67, 91, 112-116, 118-124, 129, 131-136, 140-143, 145-153, 160, 164, 186, 190, 240, 260, 332, 333

Каломель, 43, 44, 114-116, 119-121, 123, 124, 131, 134-137, 143-147, 149-153

Кальция карбонат, 33, 34

Кальция оксалат, 116

Кальция резинат, 52

Камедь, 48, 91, 98, 112-115, 118-121, 123

Каминный огонь, 334

Канифоль, 50, 51, 91, 111, 120, 121, 129, 132, 134, 135, 141-143, 147, 149, 150, 332, 333

Каприз, 209  
 Карамельное топливо, 281

Карболен, 44

Карбонат кальция, 33

Картечные гранаты, 216

Картечь, 215

Каскад, 179

Касторовое масло, 277

Квакун, 321, 322

Квасцы алюмо-калиевые, 151-153

Квекарь, 321, 322

Китайское колесо, 187, 311

Коллоидное ракетное топливо, 275

Комнатное солнце, 343

Комнатные фонтаны, 343

Комнатные лиусины, 341

Контурные свечи, 137

Конфетти, 77, 89, 338, 339

Копья, 137

Кордит, 274

Крахмал, 56, 67, 114-116, 145

Кремниевые ружья, 215

Крест пиротехнический, 172, 193, 226

Криолит, 16, 98, 116, 118, 123, 146, 147

Крудум, 40

Кубарь, 311

Курьеры, 324

## Л

Лактоза, 58, 91, 114, 115, 118-123, 135, 141, 143, 145, 146, 149, 150, 152, 153, 164, 332, 333

Лампочка Нептуна, 330

Латунь, 60

Лейсткугель, 251, 258

Летающее крыло, 305

Ликоподий, 54, 116, 132, 141, 143, 145, 146, 150, 332, 333

Листовая звезда, 227

Лития карбонат, 34, 35, 116

Лиусин, 192, 194

Лучистая звезда, 199

Люсткугель, 251, 253, 258

Лягушка, 340

## М

Магическая спираль, 211  
 Магний, 60, 91, 113, 129, 132, 140,  
     141, 143, 147, 150, 186, 260  
 Малахит, 28, 120, 121, 123, 124, 136,  
     142, 147, 151, 153, 164  
 Мальтийский крест, 172  
 Марганцовка, 13  
 Массиконит, 36, 38  
 Мастикс, 52, 91, 114, 116, 118-124,  
     131, 135, 142, 145, 149, 332  
 Меди (II) оксид, 136, 151  
 Меди (I) гемисульфид, 32  
 Меди (II) хлороксид, 26  
 Меди (II) хлорокись, 26  
 Меди (II) ацетат основной, 151, 152  
 Меди (II) сульфид, 31, 114, 120, 121,  
     136, 143, 145, 150, 151, 153, 333  
 Медная лазурь, 29  
 Медная синь, 29  
 Медный блеск, 32  
 Медный купорос, 31-33  
 Медь, 59, 60, 128  
 Медь-аммоний хлорат, 26  
 Медянка, 30, 333  
 Мел, 33, 116, 124, 132, 133, 136, 145,  
     146, 153, 240  
 Мельницы огненные, 55, 204, 205,  
     213, 319, 325  
 Мельничное колесо с жезлами  
     Меркурия, 204  
 Метиленовый голубой, 61  
 Метиленовый синий, 61  
 Миниатюрные фигурные свечи, 345  
 Митральзы, 338  
 Мозаика, 173, 208  
 Молочный сахар, 57, 58, 332  
 Мортирки, 220, 221, 228-230, 233,  
     234  
 Мортирные швермеры, 223  
 Мортиры, 126, 217, 221, 222, 223,  
     245, 246, 256, 257, 327, 328, 329  
 Мрамор, 33, 116, 124, 145  
 Мушкеты, 215  
 Мышиака (V) сульфид, 41

## Н

Набойник, 85  
 Навойник, 77

Натрий щавелевокислый, 15  
 Натрия гексафторалюминат, 16  
 Натрия карбонат, 15  
 Натрия нитрат, 14, 116, 118, 124, 133,  
     134, 147, 164, 166, 190, 277  
 Натрия оксалат, 116, 118, 133, 134,  
     146-148, 164, 190, 240, 332, 333  
 Нафтalen, 59  
 Нафталин, 59  
 Неподвижное солнце, 174  
 Неподвижная звезда, 173  
 Непоседа, 324  
 Нитрат свинца, 35-37, 111, 129, 131  
*n*-Нитроанилин, 62  
 Нитроглицерин, 20, 275  
 Нитроклетчатка, 280  
 Нитрония перхлорат, 276  
 Нитроцеллюлоза, 277  
 Нырок, 319

О

Огненная спираль, 202  
 Огненный глобус, 212  
 Огненное колесо с подвижными  
     венками, 204  
 Огненное колесо с ядром, 199  
 Огненная кисть, 224  
 Огненные колосья, 344  
 Огненные стрелы, 260  
 Огненные шарики, 108  
 Огненный букет, 207  
 Огненный водоворот, 326  
 Огненный горшок, 247  
 Огненный дождь, 109, 159  
 Огненный крест, 171, 226  
 Огненный сноп, 308  
 Огненный штурвал, 207  
 Оксалат натрия, 15  
 Оксид меди (II), 26  
 Оксид свинца, 38  
 Олова (II) сульфид, 43  
 Олова (IV) дисульфид, 43  
 Оловянная бронза, 42, 43  
 Ортоплюмбат свинца, 38  
 Осадник, 82  
 Осветительные 26-мм патроны, 219  
 Осветительные ядра генерала  
     Рейнталя, 216  
 Основной ацетат меди (II), 30  
 Основной ярко-зелёный, 63

Основные пиротехнические смеси, 66, 69  
Очаг, 249

## П

Павильон, 307  
Павлиний хвост, 171, 307  
Палительные свечи, 94  
Пальма, 177  
Пальник, 95  
Парашют, 219, 257, 298-305  
Наук пиротехнический, 101  
Перекись свинца, 38  
Перманганат калия, 48  
Персидский шпат, 17  
Петрушка, 341  
Пикрат калия, 125  
Пирогалловая кислота, 125  
Пироксилиновые нити, 93  
Пиротехнические фонтаны, 156  
Пиротехнический крест, 101  
Пистолеты, 216  
Питьевая сода, 16  
Платнерит, 38  
Подводный бенгальский огонь, 330  
Полый канал, 223, 280, 291  
Помпфейерные звёздки, 108  
Помпфейерные снопы, 243  
Помпфейерные батареи, 245  
Помпфейерные жирандоли на воде, 326  
Помпфейеры, 77, 113, 234, 236, 238, 240, 241, 243-245, 327, 329  
Помпфейеры Шертье, 240  
Пороховая мякоть, 68, 160, 182-185, 237, 240, 260, 272, 283, 284, 311-313  
Пропеллер, 202  
Простое дерево, 176  
Пульсирующие фонтаны, 168  
Пульсирующие нырки, 321  
Пчелиный рой, 231  
Пчёлка с двойным соплом, 226  
Пчёлки, 225, 226, 231, 232, 250  
Пылающая роза, 206  
Пятиконечная звезда, 173

## Р

Разрывные звёздки, 110

Разрывные шары, 251  
Ракеты со швермерами, 297  
Ракеты со шлагом, 292  
Ракетные звёздки, 109  
Ракетные составы, 272, 273, 276, 283-285

Ракетопланы, 305  
Ракеты со швермерами, 296  
Раковое колесо, 198  
Ранцевый парашют, 298  
Реактивные составы, 281  
Реальгар, 41, 91, 98, 112, 129, 131, 140, 141, 149  
Решётчатый огонь, 208  
Римские свечи, 234, 243, 326  
Рогалло, 305  
Родамин БЖ, 62  
Родамин Б, 62  
Родамин В, 62  
Родамин С, 62  
Роданид меди (I), 33  
Роданид меди (II), 33  
Роза, 207  
Рольбret, 78  
Рольшток, 77  
Ртути (I) монохлорид, 44  
Рубанка, 79  
Ружья, 215, 217, 270

## С

Сажа, 45, 115, 119, 124, 131-134, 142, 143, 147-149, 160, 163, 164, 275, 277  
Саксонские ядра, 216  
Саксонское солнце, 187, 189, 195  
Самолёт с катапультой, 317  
Сахар, 56  
Сахароза, 57, 67, 113, 121, 136, 151, 152, 282  
Свекловичный сахар, 57  
Светящиеся бомбы, 254, 353  
Светящиеся снаряды, 215  
Свечки Челесева, 344  
Свинца (IV) диоксид, 38  
Свинца ацетат, 37  
Свинца ацетата тригидрат, 37  
Свинца нитрат, 36, 116, 123, 124, 129, 132, 140, 145, 190  
Свинца хлорид, 119

- Свинцовый глёт, 36, 38  
 Свинцовый сахар, 37  
 Свинцовый сурик, 38, 91, 112, 113, 129, 140, 141  
 Свистки пиротехнические, 125  
 Сегнетова соль, 14  
 Сера, 47, 67, 91, 98, 112-116, 118-121, 123, 124, 129, 131-136, 140-153, 157, 160, 164, 166, 184-186, 190, 237, 240, 260, 272, 273, 281, 282, 284, 313, 314  
 Серный фитиль, 97-99, 167  
 Серный цвет, 47, 48  
 Сера осаждённая, 47  
 Сера очищенная, 47  
 Сигналы чёрного дыма, 259  
 Сигнальные 26-мм патроны, 219  
 Сильберглёт, 38  
 Синька, 61  
 Сияние, 175, 176  
 Скипидар, 64  
 Смеси «голубая струя», 177  
 Смеси для имитации разрывов снарядов, 260  
 Смеси Матюковича, 67  
 Снаряды системы Погребнякова, 218  
 Сода, 15, 34, 98, 116, 118, 123, 124, 133, 134, 146, 147  
 Сода кальцинированная, 15  
 Сода кристаллическая, 15  
 Составы фонтанов, 157, 160, 164  
 Составы бенгальского огня, 129-136  
 Составы для жаворонков, 313  
 Составы для китайских колёс, 190  
 Составы для огненного дождя, 124  
 Составы звёздок, 112, 114, 116, 118-120, 123, 124  
 Составы театральных и каминных огней, 332  
 Составы фигурных свечей, 140, 142, 145-147, 149, 151, 153  
 Составы цветного фитиля, 98  
 Составы цветных фонтанов, 166  
 Специальные разрывные звёздки, 111  
 Спиральное колесо, 341  
 Спиртовые огни, 335  
 Стабилизаторы ракет, 288  
 Стеарин, 59, 67, 112, 116, 118, 120, 121, 143, 149, 152, 332, 333  
 Стибнит, 40  
 Стиклак, 53  
 Столовая ракета, 311, 315  
 Столин, 84, 89-93, 96, 99, 101, 102, 155, 157, 180, 188, 195, 211, 218, 227-231, 234, 235, 246-248, 252-254, 259, 291, 296, 297, 306, 308, 321, 324, 326, 329, 344  
 Стрельба с двойным огнём, 216  
 Стронцианит, 22  
 Стронция карбонат, 22, 114, 116, 123, 124, 131-133, 136, 142, 143, 145, 153, 333  
 Стронция нитрат, 23, 67, 98, 114, 116, 123, 131-133, 136, 142, 143, 145, 146, 153, 164, 190, 332, 333  
 Стронция оксалат, 26, 114-116, 123, 131-133, 143, 145, 146, 153, 164, 333  
 Стронция сульфат, 21, 115, 123, 153  
 Стронция сульфид, 25  
 Сульфид стронция, 25  
 Сульфид сурьмы (III), 40, 91, 98, 114, 118, 129, 133, 281  
 Сурьма, 38, 39, 112, 118, 129, 131, 140, 141, 149, 157  
 Сурьмы (III) сульфид, 40, 67, 91, 98, 112, 114, 116, 118, 119, 129, 131, 133, 136, 140, 141, 142, 147, 149, 151, 164, 185, 281, 333  
 Сурьмы (V) сульфид, 40  
 Сурьмяный блеск, 40  
 Сусальное золото, 42

## Т

- Театральные огни, 332  
 Театральные молнии, 336  
 Телеграф, 309, 310, 338  
 Терпентиновое масло, 64  
 Тетрамминокупронитрат, 26  
 Тетрамминокупросульфат, 27  
 Тетрамминокупросульфата моногидрат, 27  
 Тетрамминокупрохлорат, 26, 121, 136, 152  
 Технический углерод, 45  
 Тиоцианат меди (II), 33  
 Тринитротолуол, 277  
 Трисвинец тетроксид, 38  
 Турбилион, 311, 312, 318  
 Тяжёлый шпаг, 17

## У

- Уголь древесный, 67, 91, 98, 112, 113-124, 129, 131-136, 140-143, 145, 147-153, 160, 240, 260, 272, 333  
 Уголь каменный, 98  
 Узел пиротехнический, 191  
 Укладка купола, 301  
 Унтерзатц, 86

## Ф

- Фальшфейер, 127, 172, 210, 298, 301, 303  
 Фейерверочные установки, 229  
 Фигурные свечи, 137  
 Фитиль, 96  
 Фонтаны пиротехнические, 155, 177, 209  
 Фонтаны двойного огня, 177  
 Фонтаны бриллиантового огня, 159  
 Форсовые составы, 184, 186, 187, 273, 342  
 Форсы, 179  
 Фугас, 249

## Х

- Халькозин, 31  
 Хвост павлина, 245  
 Хлопушка, 338  
 Хлор, 10  
 Хлорат аммония, 20  
 Хлорат бария, 70, 75, 135  
 Хлоркаль-серы, 67  
 Хлоркаль-уголь, 67  
 Хлорноватокислый калий, 8  
 Хобель, 79  
 ХОМ, 26  
 Хризоидиновый краситель, 62  
 Хромпик, 13

## Ц

- Цапф, 86  
 Цветные огни Горелова, 70  
 Цветные сигналы дневного действия, 257  
 Цветок, 191, 192

## Цветок с вертунами, 207

- Цайтцондер, 252, 254  
 Целестин, 21  
 Централиты, 274, 275  
 Цилиндрические рассыпные звёздки, 110  
 Цинк, 4, 59, 98, 121, 128, 151, 164, 282, 333

## Ч

- Черенковая сера, 47  
 Чёрный древесный уголь, 46  
 Чилийская селитра, 14  
 Чугун, 60  
 Чудовищное колесо, 207

## Ш

- Шаровые светящиеся ядра, 216  
 Шатрик, 294-297, 303  
 Швейнфуртская зелень, 30  
 Швермеры, 222-225, 232, 246, 247, 250, 251, 256, 259, 279, 287, 297, 298, 328  
 Шевалье, 306  
 Шеллак, 53, 67, 70, 111, 112, 114-116, 118-121, 123, 129, 131-136, 140-143, 145-153, 190, 332, 333  
 Шерлак, 53  
 Шессилит, 29  
 Шестилистенная швермерная звезда, 227  
 Шлаговая ракета, 295  
 Шлагометатель, 233  
 Шнурфейер, 309  
 Шоколадный уголь, 46  
 Штанговые колёса, 195  
 Штоклак, 53  
 Шутиха, 340

## Э

- Эксцентрические круги, 203  
 Электрозапал, 102, 103

## Я

- Ярь медянка, 30

## Оглавление

Часть II. ФЕЙЕРВЕРК СВОИМИ РУКАМИ.....	3
Глава 22. Поверим «на слово» .....	3
Глава 23. По рецепту доктора Ватсона.....	5
23.1. Селитра превращается, превращается селитра.....	5
23.2. Бертолле, спасибо за хлеб и соль .....	8
23.3. Нам нужен перхлорат.....	12
23.4. Осторожно, она чилийская .....	14
23.5. А вы говорите, щавель .....	14
23.6. Сода. Хозяйке на заметку .....	15
23.7. Ледяной камень - криолит .....	16
23.8. Шпат – камень солнца.....	16
23.9. «Барис» значит тяжёлый .....	17
23.10. Тяжёлый мел.....	18
23.11. Нитробарит – лидер зелёных .....	19
23.12. В поисках изумрудного огня .....	19
23.13. А вообще-то он небесно-голубой.....	21
23.14. Стронцианит – минерал красных огней .....	22
23.15. Стронция нитрат – основа фейерверка .....	23
23.16. Ай да чудо-фосфор.....	25
23.17. Стронциевый крахмал.....	25
23.18. С медью мучились до посинения .....	26
23.19. Пожертвуйте малахитовую шкатулку на фиолетовое пламя .....	28
23.20. Под такой короной не спрячешься.....	30
23.21. Под покровительством Венеры .....	31
23.22. Ну и роданицы .....	33
23.23. Подумаешь, мел .....	33
23.24. Литий Леопольда .....	34
23.25. Плюмбум – элемент огненного дождя.....	35
23.26. Свинцовый сахар .....	37
23.27. Вот так сурлик .....	37
23.28. Свинцовые спички не желаете?.....	38
23.29. Сурьма – волк металлов.....	38
23.30. Антимоний - противомонах.....	39
23.31. Добавьте мышьяк, и гори всё белым пламенем .....	41
23.32. Золото из металла консервной банки .....	42
23.33. Не каждое слабительное сгущает окраску .....	43
23.34. Вездесущий углерод.....	44

23.35. Сера – подарок Вулкана .....	47
23.36. Камедь вместо янтаря.....	48
23.37. Живичная сера или канифоль .....	50
23.38. Резинаты и резина - две большие разницы.....	51
23.39. Ничего себе, мастика .....	52
23.40. У Вас есть акароидная смола? .....	52
23.41. Шеллак – лак из сургуча .....	53
23.42. Хотите, не верьте, но это даммара .....	53
23.43. Идитол до реакции был карболкой .....	54
23.44. Ликоподий – порошок молний .....	54
23.45. От киселя до фейерверка.....	55
23.46. Правый клей декстрин.....	56
23.47. Карамельное топливо .....	56
23.48. Горючее из молока.....	57
23.49. Антрацен и три мушкетёра .....	58
23.50. Топим печи нафталином?.....	58
23.51. Заправимся стеариновой свечкой.....	59
23.52. Металлолом в работу.....	59
23.53. Облако покрасим синькой.....	61
23.54. Джинсовый туман.....	61
23.55. Нитроанилины для оранжевого дыма .....	62
23.56. Краска для заката солнца .....	62
23.57. Я рисую алую зарю.....	62
23.58. У него жёлтая аура.....	63
23.59. Вымажем небо зелёной .....	63
23.60. И квасцам нашлась работа .....	63
23.61. Масло из сосны .....	64
23.62. Клейстер, как недостающее звено.....	65
23.63. Обыкновенная глина .....	65
<b>Глава 24. Добро пожаловать в число посвящённых .....</b>	<b>65</b>
24.1. Азбучные истины.....	65
24.2. Секреты кулинарной обработки.....	71
24.3. Запаситесь бумагой.....	75
24.4. Перепрыгнем пропасть в два прыжка .....	84
<b>Глава 25. Служебные изделия – основа фейерверка .....</b>	<b>89</b>
25.1. Стопин вместо бикфорда .....	89
25.2. Подмазка, но не та .....	93
25.3. Догорает свечка, догорит дотла.....	94
25.4. Фитиль – ровесник цивилизации.....	96
25.5. Реклама горящей строкой .....	97
25.6. Мал запал, да дорог .....	100

25.7. Запал в эпоху электричества.....	102
<b>Глава 26. Мы не самостоятельные.....</b>	<b>108</b>
26.1. И звезда с звездою говорит.....	108
26.2. Свистки с реактивной тягой .....	125
<b>Глава 27. Приземлённое чудо.....</b>	<b>126</b>
27.1. С приветом из Бенгалии.....	126
27.2. От восковых до фигурных .....	137
27.3. Жизнь не фонтан, но бьёт также .....	155
27.4. Огненный букет .....	168
27.5. Вместо поющих фонтанов – горящие.....	170
27.6. А всё-таки они вертятся .....	179
27.7. Так всё же, саксонское солнце или китайское колесо? .....	187
27.8. Что такое лиусин?.....	192
27.9. Вращающиеся огненные композиции .....	194
<b>Глава 28. Слово не воробей – вылетишь в два счёта.....</b>	<b>214</b>
28.1. Часы истории с боем .....	214
28.2. Мортира или просто ступа.....	221
28.3. Швермеры или огненные змейки .....	222
28.4. Яркой звездою в мрачную душу .....	228
28.5. Когда пчелиная жизнь далеко не мёд .....	231
28.6. Шлагометатель органного типа.....	233
28.7. Мы из Рима .....	234
28.8. Поближе к небесам.....	238
28.9. И залпы тысячи орудий слились в протяжный вой.....	242
28.10. Вместо пегаса троянский конь .....	245
28.11. Огненный горшок.....	247
28.12. Коробка с чудесами .....	249
28.13. Весёлый шар .....	251
28.14. Светла от бомб ночь летняя была .....	254
28.15. У меня внутри сюрприз.....	255
28.16. Кому не спится в ночь глухую? .....	256
28.17. На службе цветные облака.....	257
28.18. Угольный сигнал .....	258
28.19. Бомбетки. Ну и название.....	259
<b>Глава 29. Дымилась, падая, ракета .....</b>	<b>260</b>
29.1. История ракетоплавания .....	260
29.2. Изволите заправиться? .....	272
29.3. Ключ на старт .....	279

29.4. Хлопушка на орбите .....	292
29.5. Со звёздами можно пролететь .....	294
29.6. Ракеты со швермерами .....	296
29.7. Нам, парашютистам .....	298
29.8. От шевалье до павлиньего хвоста .....	305
29.9. Жезл Меркурия .....	309
29.10. Банк и вокзал подождут – займёмся телеграфом .....	309
29.11. Твердотопливный жаворонок .....	311
<b>Глава 30. Устраивая фейерверк, экономьте воду .....</b>	<b>318</b>
30.1. Дукер или водяной фонтан .....	319
30.2. Квекари - бегуны по водной глади .....	321
30.3. Водяные курьеры .....	323
30.4. Водяное солнце или огненный водоворот .....	325
30.5. Римские свечи на службе у Нептуна .....	326
30.6. Водоплавающие пушки .....	327
30.7. Подводный бенгальский огонь .....	330
<b>Глава 31. Мельпомена в юпитерах славы.....</b>	<b>331</b>
31.1. Театр начинается не с вешалки, а с освещения .....	331
31.2. Ода спиртовому огню .....	335
31.3. Молния на заказ .....	336
31.4. Дайте дёрнуть за хлопушку .....	338
31.5. Они тоже бенгальские .....	339
31.6. Она прыгает, как лягушка .....	340
31.7. Такая вот петрушка .....	341
31.8. Булавочное колесо .....	341
31.9. Карманный вариант солнца .....	342
31.10. Ну, настоящий полковник .....	343
31.11. Огненные колосья .....	344
31.12. Такие маленькие, а уже фигурные .....	345
<b>Глава 32. К вопросу о гармонии цветов .....</b>	<b>345</b>
<b>Глава 33. С подачи Моисея. Заповеди пиротехника-любителя .....</b>	<b>348</b>
<b>Глава 34. Показуха .....</b>	<b>351</b>
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>354</b>
<b>Оглавление .....</b>	<b>361</b>

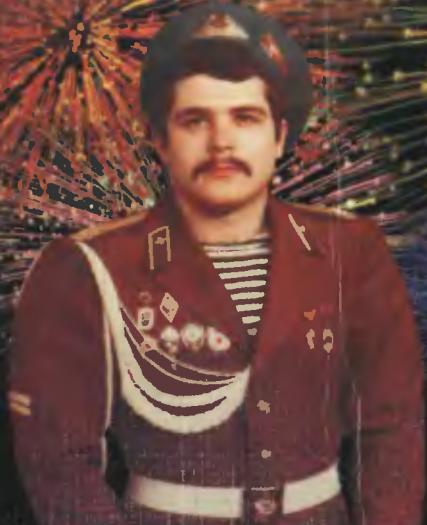
А. В. Чувурин

# ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ПИРОТЕХНИКА

ЧАСТЬ 2

## ФЕЙЕРВЕРК СВОИМИ РУКАМИ





Если Вы держите в руках эту книгу, то наверняка с детства испытывали трепетное уважение к спичкам, кострам и фейерверкам.

Если же Вам в своё время не довелось сделать магниевую вспышку из крючка со школьной раздевалки, а тем более запустить ракету на фотоплёнке или хотя бы консервную банку с помощью карбида, я подскажу, как воплотить Ваши нереализованные желания, но только так, чтобы от Вашего усердия никто не пострадал.

Несмотря на пикантность затронутой темы, книга не включает материалы ограниченного доступа. Она содержит подробное описание около двух тысяч проверенных широтехнических составов и индивидуальных веществ, сотни экстремальных химических опытов и огромный арсенал пиротехнических фигур для проведения самого изысканного фейерверка.

Хочу напомнить, что Прометеи за Геростратов не отвечают. Словом, делайте все, что хотите, но так, чтобы не лишиться этой возможности.

Добро пожаловать в число ПОСВЯЩЁННЫХ, и до встречи на фейерверке!

Чуть не забыл. Если Ваши соседи купили новый мебельный гарнитур, можете подарить эту книгу их сынуле.

