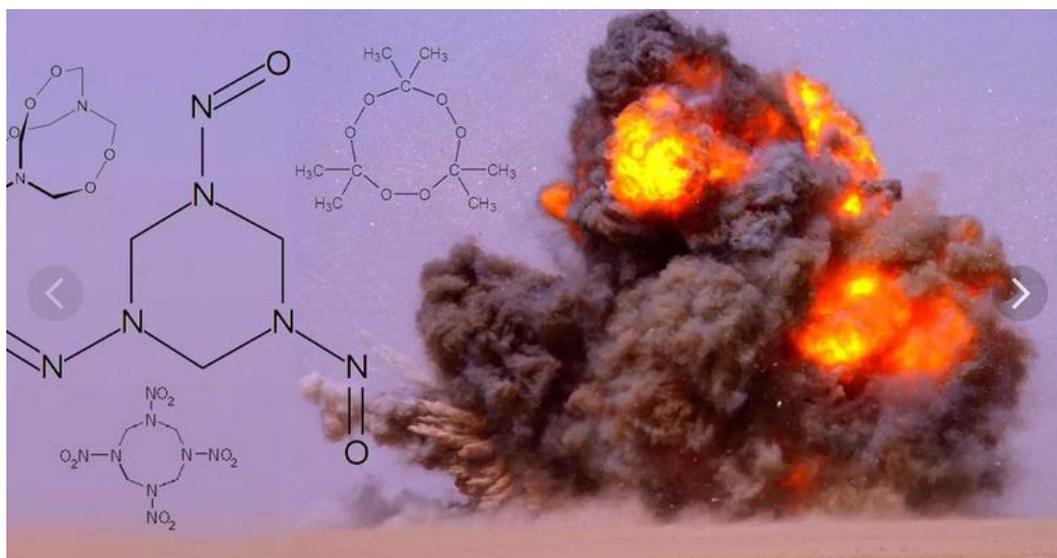




Краснодарский университет МВД России
Ставропольский филиал

Резеньков Д.Н.
Сапронов С.В.
Горденко Д.В.



ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

СТАВРОПОЛЬ

2023

ББК 68.80
УДК 355
Р34

Резеньков Д.Н.

Взрывчатые вещества: учебное пособие / Д.Н. Резеньков, С.В. Сапронов, Д.В. Горденко.- Ставрополь: Ставропольский филиал Краснодарского университета МВД России, 2023. –132 с.- Текст: непосредственный.

В учебном пособии раскрыто понятие взрывчатого вещества, рассмотрены его виды, описаны основные характеристики, а так же технологии их производства, которые позволят получить практические навыки при работе с взрывчатыми веществами.

Учебное пособие предназначено для слушателей программ повышения квалификации, преподавателей, курсантов и слушателей образовательных организаций системы МВД России.

УДК 355
ББК 68.80

© СФ КрУ МВД России, 2023
© Д.Н. Резеньков, С.В. Сапронов,
Д.В. Горденко, составление, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВАХ.....	7
1.1 Краткая история создания детонирующих взрывчатых веществ	7
1.2 Энергия взрыва.....	10
1.3 Взрывчатые вещества	12
1.4 Процесс взрывчатого химического превращения	13
1.5 Начальный импульс детонации	16
1.6 Устойчивость детонации.....	17
1.7 Критический диаметр детонации	18
1.8 Скорость детонации.....	20
1.9 Бризантность, работоспособность, чувствительность, стойкость взрывчатых веществ.....	25
1.10 Инициирование ВВ нагреванием (чувствительность к нагреванию)...	34
1.11 Инициирование ВВ через плотную преграду (Передача детонации через преграду)	37

1.12	Инициирование ВВ через воздушную преграду (Передача детонации через воздух).....	38
1.13	Иницирующие свойства детонаторов.....	38
1.14	Канальный эффект.....	44
1.15	Кумулятивный эффект и кумулятивные заряды	46
1.16	Пробивное действие кумулятивной струи	51
1.17	Кумулятивные заряды в корпусе	55
2	ОСНОВНЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА, СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ	57
2.1	Промышленные взрывчатые вещества	57
2.1.1	Иницирующие взрывчатые вещества.....	57
2.1.2	Бризантные взрывчатые вещества	61
2.1.3	Бризантные взрывчатые вещества повышенной мощности	62
2.1.4	Нитроглицериновые взрывчатые вещества нормальной мощности	66
2.1.5	Взрывчатые вещества, находящиеся в стадии исследований.....	72
2.1.6	Жидкие взрывчатые вещества и жидкие смесевые взрывчатые вещества.....	74
2.1.7	Взрывчатые вещества жидкие смеси.....	78
2.1.8	Взрывчатые вещества пониженной мощности.....	79
2.1.9	Оксиликвиты	86
2.1.10	Суррогатные взрывчатые вещества.....	87
2.2	Самодельные взрывчатые вещества	88
2.2.1	Получение взрывчатых веществ	88
2.2.2	Получение взрывчатых веществ нормальной мощности	96
2.2.3	Жидкие взрывчатые вещества.....	112

2.2.4	Нитрополимеры	117
2.2.5	Взрывчатые вещества пониженной мощности.....	119
3	КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ВВ.....	121
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	130

ВВЕДЕНИЕ

Взрывчатое вещество — химическое соединение или их смесь, способное в результате определённых внешних воздействий или внутренних процессов взрываться, выделяя тепло и образуя сильно нагретые газы. Комплекс процессов, который происходит в таком веществе, называется детонацией. Традиционно к взрывчатым веществам также относят соединения и смеси, которые не детонируют, а горят с определенной скоростью (метательные пороха, пиротехнические составы).

Взрыв — физический или химический быстропротекающий процесс с выделением значительной энергии в небольшом объеме за короткий промежуток времени, приводящий к ударным, вибрационным и тепловым воздействиям на окружающую среду и высокоскоростному расширению газов. При химическом взрыве, кроме газов, могут образовываться и твёрдые высокодисперсные частицы, взвесь которых называют продуктами взрыва.

Цифра созданных и известных до нынешнего времени взрывчатых веществ исчисляется тысячами, и химику всегда просто соединить по личному побуждению и в зависимости от нужд все свежие и свежие взрывчатые вещества. По своему внешнему виду они бывают самых разнообразных окрасок и заключают самые всевозможные фигуры, представляя зловещее количество опасных материалов с самыми разными свойствами. По лицевому облику они часто столь же разнообразны, как многообразны их взрывчатые свойства.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВАХ

1.1 Краткая история создания детонирующих взрывчатых веществ

На протяжении сотен лет с момента изобретения пороха и до 1863 года человечество не имело представления о настоящей силе взрыва, скрытой во взрывчатых веществах. Все взрывные работы проводились путем закладки во взрываемые места энного количества черного пороха, затем поджигаемого с помощью луча пламени, искры или фитиля. При значительном внешнем и отчасти фугасном эффекте такого взрыва, разрушающий (дробящий) эффект практически равнялся нулю. При снаряжении черным порохом артиллерийских снарядов или бомб осколочное действие таких боеприпасов было незначительно, так как при взрыве чугунные или стальные корпуса снарядов разрушались по линии наименьшего сопротивления, давая небольшое количество очень крупных осколков, попадание которых во что-либо имело крайне низкую степень вероятности.

История современных взрывчатых веществ отмечена первой вехой в 1846 году, когда итальянский ученый Асканио Собrero, ученик Т. Пелуза и Ю. Либиха открыл нитроглицерин (по другим данным нитроглицерин открыл О. Сванеберг, А. Собrero и Стааф). Однако до промышленного применения открытого вещества оставалось еще около 18 лет, так как полученное вещество отличалось громадной чувствительностью к удару и трению, что совершенно не позволяло использовать его в сколько-нибудь значительных количествах. В 1863 году гениальный шведский инженер Альфред Нобель (учредивший в последствии наиболее значительную научную премию своего имени) создает воспламенитель нитроглицерина на черном порохе, который позволил применить нитроглицерин (НГЦ) в горном деле. В 1865 году А. Нобель изобрел детонатор, содержащий гремучую ртуть (ГРР) при помощи которого можно было вызвать полноценный взрыв-детонацию практически любого взрывчатого вещества (ВВ). В 1867 году А.

Нобель изобрел кизельгур-динамит (сокращенно «гур-динамит» или просто «динамит»), от греческого «динамис» – «сила»). В 1875 г. А. Нобель изобрел взрывчатую желатину иначе называемую «гремучим студнем» или «желатинированным динамитом», причем до сих пор это ВВ считается одним из самых мощных ВВ. В 1887 г. А. Нобель изобрел бездымный порох «баллистит» на основе которого производятся современные бездымные пороха для всех видов оружия. Гениальный изобретатель А. Нобель, фактически изменивший лицо мира и давший реальный толчок развитию современной военной и косвенно космической технике скончался в 1896 г. прожив всего 63 года. Всю свою жизнь А. Нобель отдал работе, имея слабое здоровье, часто забывал поесть, но на каждом из его заводов строилась лаборатория, чтобы неожиданно приехавший хозяин мог продолжить эксперименты без малейшего перерыва. Он был и генеральным директором своих заводов, и главным бухгалтером, и главным инженером и технологом и секретарем. Жажда познания была основной чертой его характера: «Вещи, над которыми я работаю, действительно чудовищны, но они так интересны, так совершенны технически, что становятся привлекательными вдвойне», писал А. Нобель. После изобретения А. Нобелем капсуля-детонатора, позволяющего возбуждать взрыв во многих потенциальных ВВ, были предложены и применены на практике, как в военном деле, так и в промышленности такие известные ВВ как (перечислены в порядке начала применения): пироксилин (НК), пикриновая кислота (ПК), нитроманнит (МГН), пентаэриттетранитрат (ТЭН), гексоген, октоген и пр. Работы немецких ученых в области химии связанного азота дали возможность получить ВВ без участия минеральных и ископаемых видов сырья, то есть практически из воздуха, поскольку действующее начало таких ВВ аммиачная селитра может быть получена полностью из воздуха и воды. ВВ на основе аммиачной селитры (АС) произвели переворот в промышленном взрывном деле, так как, являясь наиболее дешевыми ВВ, в тоже время отличаются достаточной мощностью для решения практически всех задач

горнодобывающей и строительной промышленности, а при необходимости могут применяться в военном деле как суррогатные ВВ заменяющие недостающие в военное время обычные ВВ. ВВ на основе АС впервые были запатентованные шведами Ольссоном и Норрбином еще в 1867г., однако, в связи с гигроскопичностью АС долго не применялись пока в связи с развитием производства и применения минеральных удобрений не были найдены способы предотвращения слеживаемости АС. В конце 50-х годов в США стали применяться ВВ типа АСДТ (аммиачная селитра + дизельное топливо), затем Кук ввел в употребление водонаполненные ВВ на основе АС, такие ВВ используются в основном для взрывов в больших вертикальных скважинах. Независимо от Кука водонаполненные ВВ на основе АС, предложил использовать и Веттерхольм который, кстати, синтезировал для увеличения чувствительности водонаполненных ВВ, индивидуальное перспективное ВВ бистринитроэтилмочевину (БЭМ). Вместо гремучей ртути, предложенной А. Нобелем для снаряжения капсулей-детонаторов стали применяться вновь открытые более мощные иницирующие ВВ как, например азид свинца и пр. В настоящее время количество применяемых в мире индивидуальных ВВ, а также смесей образующих ВВ и смесей индивидуальных различных ВВ насчитывает сотни наименований. К сожалению, русскими учеными не было открыто ни одного индивидуального ВВ имеющего мировую известность, однако они очень старались, и много чего смешивали, и перемешивали в своих секретных институтах, получили множество наград и званий и умерли счастливыми. Разительным примером работ, которые являлись бы невыполнимыми, если бы нельзя было прибегнуть к помощи взрыва, может служить уничтожение в 1885 году скалистого рифа Флед Рок около Нью-Йорка, затруднявшего морскую навигацию. На производство этого взрыва было употреблено около 145 тонн ВВ, из которых 15% составлял динамит, а остальные 75% ВВ «рекарок», относящийся к составам Тюрпена и содержащее бертолетову соль, пикриновую кислоту и нитробензол. На площади взрыва в 38220 квадратных

метра было проложено 6,5 километра галерей, в которых разместили 13280 зарядов (в среднем по 11 килограмм ВВ на заряд). Число электродетонаторов составило 600 штук, заряды были соединены группами, в которых взрыв осуществлялся детонацией через влияние на расстоянии до 4 метров от активного заряда. Работы производились под руководством инженер-генерала Ньютона. В 11 часов 13 минут его 12 летней дочерью был подан электрический ток на электродетонаторы, и вода поднялась кипящей массой более чем 400 метров длиной и 250 метров шириной, и различной высоты, достигавшей 60 метров, с большим количеством различной окраски. Феерическое зрелище было отмечено тремя последовательными толчками в течении 45 секунд не причинившими вреда городу. Шум от взрыва продолжался 40 секунд и слышался очень далеко. Благодаря этому замечательному взрыву путь к Нью-Йорку из Атлантического океана сократился более чем на 12 часов.

1.2 Энергия взрыва

ВВ при взрыве выделяет энергию за счет того, что небольшой объем твердого или жидкого ВВ превращается в огромный объем газов нагретых до температуры тысяч градусов. Для разных типов ВВ Объем выделяющихся газов на 1 кг ВВ имеющего начальный объем не более 0,8...1л. составляет величину от 300 до 1000 л. и более. Образовавшиеся при взрыве горячие газообразные продукты распада ВВ начинают расширяться, производя механическую работу. Таким образом, ВВ имеют запас скрытой химической энергии освобождающийся при взрыве. Однако скрытой энергией обладает не только ВВ, а, например бензин, уголь, дрова и др. горючие вещества. Эта энергия горючих веществ может выделяться при горении. Почему же для целей разрушения и метания применяются ВВ и пороха, а не, например бензин? Известно, что в 1 кг. бензина энергии содержится в 10 раз больше чем в 1 кг. тротила и 12 раз больше чем в бездымном пироксилиновом порохе. Но заряд ВВ и заряд пороха с громадной скоростью превращается в

газы, а бензин или любое топливо не может гореть без достаточного количества воздуха или свободного кислорода. Для сгорания 1 кг. бензина требуется столько кислорода, сколько его содержится в 15,5 кг. воздуха. Поэтому теплоту горения (энергию) топлива нужно рассчитывать на 1 кг. его смеси с необходимым для его полного сгорания кислородом. При таком расчете разница в энергии сгорания смеси бензина с кислородом и энергии взрыва заряда ВВ того же количества меньше чем, приведено выше, однако, и в этом случае количество выделяющейся при сгорании бензина энергии больше: бездымный порох 700 ккал/кг., тротил 1000 ккал/кг., смесь бензина с кислородом –2300 ккал/кг. Следовательно, не величина энергии заключенная в ВВ и порохах является основной причиной их применения для целей разрушения и метания. Основная причина заключается не в величине энергии, а в очень быстром ее выделении. Если сгорание 1 кг. бензина в автомобильном двигателе происходит (в зависимости от мощности двигателя и его нагрузки) за 10...60 минут, то 1 кг. пороха сгорает в зарядной камере артиллерийского орудия за несколько тысячных долей секунды, а взрыв 1 кг. тротила длится всего лишь 30-40 стотысячных долей секунды. Энергия при взрыве выделяется в десятки миллионов раз быстрее, чем при сгорании топлив. Этим и объясняется колоссальная мощность взрыва. Например, при взрыве 1 кг. тротила выделяется 1000 ккал. тепла, которые эквивалентны работе в 427000 кгм. При скорости детонации тротила в 6900 м/сек. и длине заряда 25 см. его детонация закончится в течение времени: $0,25:6900=0,000036=36$ микросекунд. Тогда мощность, развиваемая 1 кг. тротила за этот промежуток времени, будет равна $427000:0,000036 = 11900000000$ кгм/сек.= 158×10^6 л.с.=158 млн.л.с.! Однако мощность взрыва правильнее вычислять не по времени детонации всего заряда, а по времени расширения продуктов взрыва до атмосферного давления, расширение же до такого объема по результатам скоростных съемок взрывного процесса протекает в течение нескольких миллисекунд. В этом случае мощность 1 кг. тротила выражается величиной более 1 миллиона лошадиных сил. Но и эта

мощность в реальных условиях не может быть реализована полностью из-за кратковременности ее действия, инерции масс перемещаемого или разрушаемого материала, на которые она действует, а также потерь на нагрев окружающей среды, на излишнее измельчение и разбрасывание ее, на остаточное тепло в продуктах взрыва после их окончательного расширения и на неизбежные химические потери. В итоге полезная механическая работа часто не превышает 1-2%, а при взрывах в твердой среде 8-9% энергии содержащейся в ВВ. Однако огромное количество потенциальной энергии содержащейся в ВВ и порохах делает их незаменимыми, несмотря на неполное ее использование при взрыве. Большая мощность характерна для ВВ и в случае применения их для целей метания снарядов. Мощность порохового заряда артиллерийского выстрела крупного калибра составляет 15 млн.л.с.

1.3 Взрывчатые вещества

Взрывчатые вещества представляют собой класс веществ или смесей веществ, характеризующихся тем, что они, будучи при обыкновенных условиях более или менее стойкими, способны под влиянием некоторых внешних воздействий как-то: трения, удара, искры, и.т. п., «взрывается» то есть разлагаться чрезвычайно быстро, с образованием большого количества раскаленных газов, поскольку при этом разложении выделяется значительное количество тепла. Раскаленные газы, стремясь занять большой объем, производят большое давление на окружающую среду, вследствие чего происходит разламывание и разбрасывание частей окружающей среды (преграды). На указанном свойстве разрушать и разбрасывать преграду основано применение ВВ в военной технике, и в промышленности, например для взрывных работ в горном деле.

Таблица 1.1 – Физико-химические характеристики ВВ

ВВ	Чувствительность к удару		чувствител.	чувствит. к прострелу винтовочной пулей	стойкость при нагревании °С	стойкость к увлажнению	стойкость к свету
	Высота см. падения груза 2кг.	% взрывов при высоте падения груза 25 см. груза 2кг.					
гремучая ртуть	2	8,5/5,5 груз 0,1кг.	180	взрыв	Разлагается при 50	не взрывается при 10% влажности.	?
азид свинца	3-4	23?7 груз 1,4кг.	310	взрыв	разлагается при 200	не гигроскопичен	медленно разлагается
тенерес	11	18,2/12,5 груз 1,4кг.	276	взрыв	разлагается при 50	малогигроскопичен	разлагается
тен	28	100	215	взрыв	разлагается при 141	не гигроскопичен	стойк
гексоген	28	78/80	230	взрыв	разлагается при 203	не гигроскопичен	стойк
тетрил	30	50/60	195	взрыв	разлагается при 150	не гигроскопичен	стойк
тротил	60	4/12	290	не взрывается	стойк	не гигроскопичен	Темнеет с поверхности
пикриновая кислота	45	24/32	300	взрыв	стойк	малогигроскопичен	стойк
Динамит 62%	25	80/100	205	взрыв		не гигроскопичен	стойк
аммонит скальный №1	25	20/30	205	не взрывается	стойк	гигроскопичен	стойк
аммонит 80/20	60/70	16/32	320	не взрывается	стойк	гигроскопичен	стойк
аммонал (8% AL)	-	8/10	310	не взрывается	стойк	гигроскопичен	стойк
диамон	75/85	8/10	310	не взрывается	стойк	гигроскопичен	стойк

1.4 Процесс взрывчатого химического превращения

Химическое превращение ВВ может осуществляться в трех формах:

1. Горение;
2. Взрывное горение;
3. Взрыв-детонация.

1. Для процесса горения ВВ характерно большое количество выделяемого тепла и газообразных продуктов горения, а также достаточно высокая скорость процесса. Но отличие горения от взрыва заключается в том, что распространение процесса химического превращения обусловлено передачей тепла от одного горящего слоя ВВ к другому за счет теплопроводности диффузией и теплового излучения газообразных

продуктов горения. Обычно процесс горения ВВ имеет скорость от миллиметров до десятков сантиметров в секунду. Некоторые ВВ могут сгореть на воздухе со скоростями до десятков метров в секунду, однако столь высокая скорость горения еще не является показателем способности к распространению в таком ВВ полноценного взрывчатого превращения, то есть детонации.

2. Взрывное горение по своему механизму не отличается в значительной мере от процесса горения ВВ, то есть когда некоторый слой ВВ под воздействием тепла продуктов горения прогревается до температуры его испарения, затем пары испарившегося вещества прогреваются до температуры их воспламенения, при которой и воспламеняются, во время процесса температура в зоне горения (химической реакции) повышается до тех пор, пока не произойдет полное химическое превращение паров вещества в продукты горения. Обычно взрывное горение может распространиться в ВВ при поджигании его в оболочке достаточной прочности, в этом случае скорость горения повышается от десятков метров в секунду до сотен метров в секунду. В некоторых ВВ процесс взрывного горения может перейти в процесс полноценного взрыва, то есть детонацию.

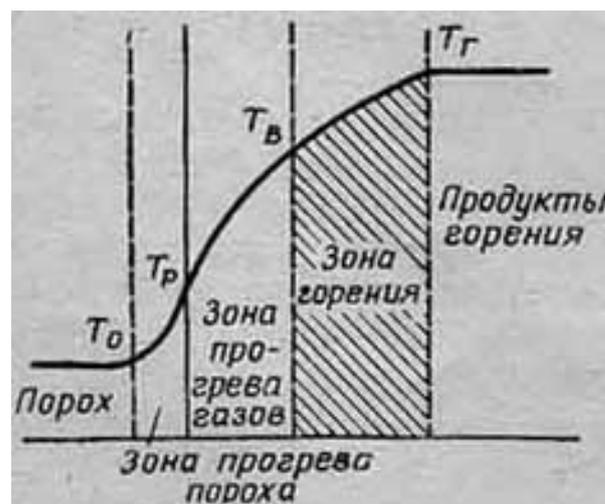


Рисунок 1.1 – Температурная диаграмма процесса взрывного горения

Однако прочность оболочки должна быть значительна, а масса ВВ помещенного в эту оболочку должна быть достаточно велика (от десятков

граммов до нескольких килограммов). Форма взрывного горения свойственна в основном для ВВ малой насыпной плотности, а также дымным и бездымным порохам, а также многим пиротехническим смесям.

Полноценный взрыв-детонация, это процесс, при котором химическое превращение возбуждается ударной волной, движущейся по массе ВВ со сверхзвуковой скоростью в данном веществе. Во фронте волны в веществе скачком меняется давление, плотность и температура. Сжатие и нагревание химического вещества ВВ вызывают в нем быстропротекающую реакцию, идущую уже за фронтом ударной волны в зоне химических реакций, где образовавшиеся продукты реакции и ее тепло поддерживают высокое давление питающее ударную волну, и восполняющие потери ее энергии на прохождение слоев ВВ.

4. Ударная волна с прилегающей к ней зоной химических реакций называется детонационной волной. При соблюдении условий достаточного давления в зоне химических реакций детонационная волна будет двигаться по массе ВВ с постоянной для каждого ВВ при данных условиях скоростью измеряемой тысячами метров в секунду (километрами в секунду). Если же в зоне химических реакций, по каким либо причинам давление снизится до определенных пределов детонационная волна начнет ослабевать, замедляться и затухать, в этом случае детонация ВВ прекратится.



Рисунок 1.2 – Диаграмма изменения давления в зоне детонационной волны

1.5 Начальный импульс детонации

Для возбуждения процесса детонации во взрывчатом веществе, необходимо внешнее воздействие некоторой интенсивности называемое начальным импульсом. Воздействие начального импульса и возбуждение во взрывчатом веществе взрывчатого превращения называется иницированием. Для иницирования используются различные виды энергии:

- тепловая (искра, пламя, нагрев)
- механическая (удар, накол, трение, вибрация)
- электрическая (искровой разряд в газе, облучение электронным пучком)
- химическая (реакция ВВ с различными химическими веществами, с выделением тепла или легко разложимых с выделением тепла продуктов реакции.)

Выбор того или иного вида энергии для подачи начального импульса и его интенсивность зависят от свойств ВВ, определяющих его чувствительность. Например, взрыв хлористого азота можно возбудить путем помещения некоторого количества этого вещества на камертон или гитарную струну и возбуждения звучания другого камертона с той же частотой, или возбуждения звучания той же струны другой гитары, причем расстояние между указанными предметами может составить несколько метров. Взрыв же тротиловой пашки не последует даже при помещении ее под бабу парового молота, и может быть возбужден только ударом созданным взрывом другого более чувствительного взрывчатого вещества.

Гремучее серебро взрывается при прикосновении к нему гусиного пера или легком растирании даже под слоем воды, йодистый азот может взорваться просто от его перемещения в воздухе, ВВ на основе аммиачной селитры требует мощного начального импульса и в некоторых случаях могут не взрываться даже при взрыве в них тротила. Чувствительность к начальному импульсу неодинакова не только у разных ВВ, но и одного и

того же ВВ при различном его физическом состоянии. Например, порошкообразные ВВ требуют, как правило, начальный импульс меньшей мощности, чем то же вещество, но в пересованном или литом виде. В настоящее время ВВ, применяемые при производстве взрывных работ и в военном деле требуют начального импульса в виде взрыва небольшого количества другого ВВ, обладающего повышенной чувствительностью (так называемого инициирующего ВВ) помещенного в специальное устройство для возбуждения детонации, капсюль-детонатор.

1.6 Устойчивость детонации

Каждое ВВ имеет свою максимальную скорость распространения детонации, которая зависит от химической структуры и физического состояния взрывчатого вещества, степени измельчения его частиц, плотности. Оптимальная постоянная скорость детонации устанавливается во ВВ не мгновенно, а в течении очень короткого промежутка времени, называемом периодом разгона детонации. Длительность этого периода зависит от свойства ВВ, мощности примененного начального импульса, то есть количеством энергии переданного ВВ начальным импульсом.

Чем больше энергия, переданная начальным импульсом и чем больше поверхность передачи этой энергии возбуждаемому ВВ, тем больше частиц ВВ будет одновременно вовлечено во взрывчатые превращение и, следовательно, тем больше будет выделено тепла, то есть возрастает давление продуктов взрыва, что влияет на дальнейшее развитие процесса детонации.

Если мощность начального импульса будет мала и окажется недостаточной для развития оптимальной скорости детонации, то взрывчатое разложение пойдет с меньшей чем максимально возможная скорость, как правило, скорость эта будет постепенно уменьшаться и, в конце концов, детонация затухнет (произойдет неполная детонация ВВ) или же взрывчатое превращение может перейти в обычное горение (произойдет выгорание ВВ,

дефлаграция). При достаточной энергии начального импульса детонация при достижении ею оптимальной и постоянной для данных условий скорости будет самопроизвольно распространяться по ВВ на любое расстояние с постоянной скоростью (на многие сотни метров и до бесконечности).

Такой устойчивый характер детонации возможен, если диаметр массы взрывчатого вещества равен критическому диаметру $d_{кр.}$, свойственному данному взрывчатому веществу при данных условиях, или больше его. Дело в том, что движение фронта детонационной волны поддерживается сверхвысоким давлением газообразных продуктов взрыва, образующихся в зоне химических реакций.

Однако при высоком давлении продуктов взрыва практически сразу же за фронтом волны начинается разброс реагирующего (но не полностью прореагировавшего) вещества в стороны за пределы контура ВВ. Если время разброса T больше времени химической реакции $T_{х.р.}$, в течение, которого все или почти все ВВ прореагирует и превратится в продукты взрыва, то давление в детонационной волне сохраняется достаточным для поддержания ее движения и детонация является устойчивой. Если же время разброса меньше времени химической реакции, то давление в зоне химических реакций быстро падает, становится недостаточным для питания фронта детонационной волны и детонация затухает.

1.7 Критический диаметр детонации

В зарядах ВВ цилиндрической формы (или результирующей цилиндрической формы) радиальное расширение вещества с боковой поверхности вызывает уменьшение давления в зоне реакции и в продуктах детонации. Этот эффект наиболее выражен вблизи поверхности заряда и постепенно ослабляется в направлении его оси. При уменьшении давления во фронте детонационной волны меньше определенного для каждого конкретного ВВ, детонация затухает едва возбудившись.

Таким образом, для каждого конкретного ВВ существует определенный диаметр цилиндрического заряда, при котором детонационная волна может распространяться не затухая (самоподдерживаясь). Критический диаметр зависит от таких факторов как температура и плотность ВВ, а также размера его зерна. При увеличении температуры критический диаметр, как правило, уменьшается, однако это происходит при температурах значительно больших, чем, например температура плавления ВВ (если ВВ может быть расплавлено без разложения).

При увеличении плотности ВВ до определенного предела (обычно до плотности монокристалла) критический диаметр уменьшается, однако вышесказанное верно лишь для некоторых индивидуальных ВВ (ТЭН, гексоген, тротил, пикриновая кислота и прочее), а также их сплавов. Для ВВ пониженной мощности, например аммиачноселитренных ВВ, перхлората аммония, нитрогуанидина, нитрата гидразина и пр., существует обратная зависимость критического диаметра от плотности, то есть критический диаметр увеличивается с возрастанием плотности ВВ до некоторых пределов.

В общем случае можно говорить об уменьшении критического диаметра детонации в индивидуальных ВВ и их смесях с уменьшением размера зерна ВВ и увеличением начальной плотности вплоть до монокристаллической или близкой к ней. В таблице 2 приведены экспериментально установленные величины критических диаметров при нормальной температуре и давлении для некоторых ВВ.

Критический диаметр детонации снижается при появлении в литом ВВ большого числа центров кристаллизации (шимозации) или добавление в расплав порошкообразного вещества. Например, кристаллический диаметр шимозированного тротила может составлять 22-25 мм. в отличие от литого (31-33 мм.).

Таблица 1.2 – Экспериментально установленные величины критических диаметров при нормальной температуре и давлении для некоторых ВВ

ВВ	Критический диаметр в миллиметрах d кр мин. - d кр средн.
ТЕН прессованный	2,0 - 3,2
ТЕН (плотность 1,0 г/см ³ в куб. размер зерна 0,025-0,10 мм.)	0,7 - 0,86
нитроглицерин (НГЦ) (при t=20 С)	2,5
НГЦ при t=80 С	-1,0
гексоген	2,5 - 4,4
тетрил	5,0 - 7,0
пикриновая кислота	7,0 - 9,0
тротил (прессованный)	10,0 - 12,0
тротил (литой)	31,0 - 33,0
тротил при t=260 С	6,0
тротил при t=плавления	50,0 - 60,0
перхлорат аммония (ПХА)	25,0 - 30,0
смесь аммиачной селитры с торфом тонкодисперсная при 0,9 г/см ³ в куб.	10,0 - 12,0
тоже грубодисперсная при 0,7 г/см ³ в куб.	35,0
аммониты	15,0 - 30,0
октоген	4,0
азид свинца	<10 ⁻²

1.8 Скорость детонации

От скорости детонации ВВ зависит время, в течение, которого выделяется вся энергия, заключенная в ВВ. А это время в совокупности с количеством тепла, и объемом выделившихся в результате взрывчатого превращения газов характеризует мощность, развиваемую взрывом, что, следовательно, дает возможность правильно выбирать то или иное ВВ, для выполнения той или иной механической работы. Для перебивания взрывом металла, целесообразно получить возможный максимум энергии в наименьший промежуток времени, то есть иметь максимально возможную скорость детонации, для механического же выброса грунта из пределов заданной выемки (воронки) эту же энергию целесообразно получить за более длительный отрезок времени, подобно тому, как при нанесении резкого удара

по доске кулаком можно ее перебить, а, приложив ту же энергию постепенно только отбросить (переместить). Скорость детонации ВВ зависит:

- от химического состава (структуры молекул)
- от плотности ВВ
- от диаметра заряда ВВ
- от величины частиц ВВ.

Химический состав ВВ в большей мере, чем все другие факторы определяет скорость детонации, однако, до сих пор не выведено четкой зависимости максимальной величины скорости детонации от химического состава ВВ и строения его молекулы. Известно, что наибольшей скоростью детонации отличаются нитросоединения и нитроэфиры с максимальным количеством нитро (NO_2) или нитратных (ONO_2) групп, с небольшим отрицательным, нулевым, или небольшим положительным кислородным балансом и с молекулярной массой близкой, но не более 300 у.е. Однако четкой зависимости не существует, например достаточно высокой скоростью детонации отличается нитрат гидразина $\text{H}_5\text{N}_2\text{NO}_3$ с молекулярной массой 95 у. е. (D км/с=8,69), нитрогуанидин $\text{CH}_5\text{N}_3\text{NO}_2$ с молекулярной массой 105 у. е. (D км/с= 8,2) и некоторые другие ВВ. Кроме вышесказанного на скорость детонации ВВ по видимому влияет характер связи нитрогрупп (NO_2) с углеродом, так , например, нитросоединения, в которых азот группы NO_2 связан непосредственно с углеродом ($\text{C}-\text{NO}_2$), имеют меньшую скорость детонации, а также и чувствительность к начальному импульсу, чем нитроэфиры, у которых азот связан с углеродом через один из кислородов группы ONO_2 ($\text{C}-\text{O}-\text{NO}_2$) или нитроамины имеющие связь (= $\text{N}-\text{NO}_2$). Плотность ВВ в значительной мере определяет скорость детонации, причем для однокомпонентных ВВ характерно увеличение скорости детонации с ростом плотности заряда вплоть до плотности монокристалла. На практике интерес представляет та область где > 1 г/см³. В этом диапазоне плотностей скорость детонации приблизительно линейно возрастает с плотностью ВВ. Для многокомпонентных ВВ, представляющих собой

механическую смесь окислителя и горючего (например, аммиачноселитрянные ВВ, хлоратные ВВ) первоначально наблюдается увеличение скорости детонации с плотностью заряда. С дальнейшим возрастанием плотности происходит снижение скорости. При плотности выше некоторой критической зависящей от диаметра заряда d , стационарная детонация становится невозможной. Это явление называют перепрессовкой ВВ. Подобное поведение отмечено и для некоторых индивидуальных ВВ как, например, перхлорат аммония, нитрогуанидин, нитрат гидразина. Скорость детонации индивидуальных ВВ достигает своего максимума при приближении плотности ВВ к плотности монокристалла, дальнейшее увеличение скорости детонации ВВ невозможно.

При данной плотности скорость детонации зависит также от диаметра заряда ВВ. Скорость детонации увеличивается с увеличением диаметра заряда и при определенном диаметре d достигает максимальной для ВВ данной плотности величины. Вообще о скорости детонации для данного ВВ можно говорить лишь конкретизируя условия детонации как-то: мощность начального импульса, диаметр заряда, наличие оболочки, плотность заряжения, а также еще ряд некоторых условий в большей или меньшей мере влияющих на скорость детонации.

ВВ на основе нитроглицерина (динамиты) в зарядах диаметром меньше некоторой критической величины способны детонировать как с нормальной скоростью 6000-8000 м/сек., так и со значительно меньшей скоростью 2000-3000 м/сек. (детонация с малой скоростью). Причины этого явления достаточно сложны и в данном труде рассматриваться не будут. При инициировании ВВ величина скорости детонации зависит как от мощности инициирующего импульса, так и от размеров заряда и прочности его оболочки. Детонация с малой скоростью возможна и в мощных индивидуальных ВВ, например, гексогене тетриле и в индивидуальных ВВ средней мощности, например, тротиле, пикриновой кислоте при плотности менее или равной 1 г/см³. Детонация со скоростью менее 2000 м/с в этих ВВ

возможна при диаметре заряда 15 мм для гексогена и 30 мм для тротила при размере частиц 1,0-1,6 мм. Детонация с малой скоростью возможна и в ВВ пониженной мощности, как, например, смеси аммиачной селитры с кристаллическим ВВ. В 1946–1947 гг. в Швеции были проведены опыты с 35% желатин-динамитом состава: 35% смеси нитроглицерина с нитрогликолем (в пропорции 1:1), 5% нитроклетчатки, 58% нитрата аммония, 2% древесной муки. В рассматриваемом ВВ детонация с малой скоростью (2000 м/с) возникает от капсюля детонатора №8, однако, если диаметр заряда превышает 32 мм наблюдается переход детонации с малой скоростью к нормальной скорости 5400 м/с. При применении промежуточного детонатора (из 1 г. ТЭНа) возникает детонация с нормальной скоростью. Минимальный диаметр заряда, в котором возможно стационарное распространение детонации (критический диаметр), меньше для малой скорости детонации, чем для большой. Переходы от детонации с нормальной скоростью к малой скорости невозможны. Переходы от малой к нормальной скорости возможны даже в пределах заряда одного диаметра, но снабженного отрезком прочной оболочки, длиной равной диаметру заряда.

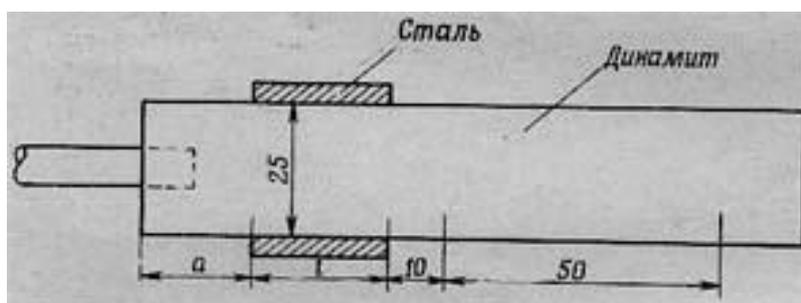


Рисунок 1.3 – Схема промежуточного детонатора

При добавлении в заряд, критического для малой скорости детонации диаметра инертного порошка, наблюдается постоянное повышение скорости детонации от малой до нормальной скорости. Важной характеристикой детонации с малой скоростью является существование некоторого предельного диаметра заряда ВВ. В зарядах диаметром выше предельного

может стационарно распространяться детонация только с большой скоростью. Бризантное действие продуктов взрыва 35% динамита при детонации с малой скоростью очень незначительна. На рисунке схематично показаны результаты действия взрыва заряда 35% динамита диаметром 25 мм в картонной оболочке на стальную пластину толщиной 15 мм.

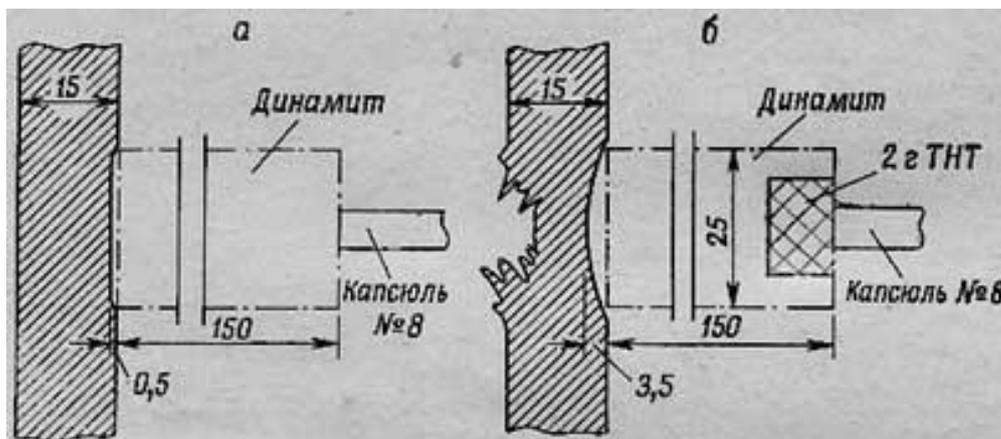


Рисунок 1.4 – Результаты воздействия взрыва заряда динамита в картонной оболочке на стальную пластину

Импульсы взрыва, измеренные на баллистическом маятнике при детонации 35% динамита с малой и нормальной скоростью, отличаются лишь в малой степени. Однако импульс взрыва при детонации с нормальной скоростью все же несколько больше. При этом фугасное действие взрыва при детонации ВВ с малой скоростью будет в значительной мере приближаться к фугасному действию ВВ детонирующих с нормальной скоростью.

Величина частиц ВВ оказывает влияние на скорость детонации. Форма зерен ВВ и характер распределения их по размерам определенно влияют на скорость детонации порошков даже в том случае, когда размеры заряда достаточно велики и скорость детонации не должна бы зависеть от диаметра. Данное утверждение подтверждается следующим экспериментом. Берут два заряда одинаковой средней плотности. Один заряд состоит из пучка трубок, изготовленных из мощного ВВ (ТЭНа), другой из мелкодисперсного порошка ТЭНа той же средней плотности как и трубчатый заряд. С учетом

канального эффекта (см. Словарь) детонация в трубчатом заряде распространяется со средней скоростью (8,6 км/с), более высокой чем в сплошном (литом) заряде ТЭНа (7,9 км/с), в то время как в заряде прессованного порошкообразного вещества той же средней плотности, скорость детонации (7,0 км/с) значительно меньше чем в сплошном. При одинаковой средней плотности всех зарядов значительное различие в скоростях детонации можно объяснить только различием форм и размеров частиц (порошка, кристаллов) ВВ.

1.9 Бризантность, работоспособность, чувствительность, стойкость взрывчатых веществ

Бризантность ВВ.

Бризантностью ВВ (от французского briser – дробить) называется его способность дробить при взрыве окружающую его среду. Воздействие взрыва на окружающую среду отличается практически мгновенным скачком давления до весьма высоких величин, затем, в связи с расширением продуктов взрыва, давление в них быстро падает до атмосферного и ниже. Далее давление продуктов взрыва устанавливается равным атмосферному.

Из-за крайне малого промежутка времени, в течение которого поддерживается избыточное над атмосферным давлением, действие взрыва имеет так называемый импульсный характер. Полный импульс соответствует полной работе взрыва и равен площади избыточного давления на графике 1. Бризантному действию соответствует только малая часть импульса расположенная в непосредственной близости к пиковому давлению, которое пропорционально квадрату скорости детонации и плотности ВВ ($P = k \times D^2$). Следовательно, бризантность тем больше чем выше скорость детонации и плотность ВВ. Реально бризантность представляется следующим мысленным (а при практическом осуществлении эффект будет аналогичен мысленному) экспериментом:

На чугунную плиту размерами допустим 1000 x 1000 мм, толщиной 100 мм помещен заряд черного пороха в количестве 10 кг, взятый в насыпном виде без оболочки, при поджигании пороха при помощи, например, тлеющего фитиля, следует сильный хлопок, вспышка пламени достигающая в диаметре 1-3 м. Выделяется громадное количества дыма. После воспламенения пороха чугунная плита остается неповрежденной, порох сгорает практически без остатка.

При помещении на чугунную плиту того же размера 10 кг гремучей ртути и при ее воспламенении тем же фитилем, следует практически мгновенный переход горения, во взрывное горение и далее в детонацию, сопровождаемую бризантным действием, чугунная плита разлетается на достаточно мелкие осколки, поражающие окружающие предметы. В этом случае реально проявляется дробящий эффект взрыва.

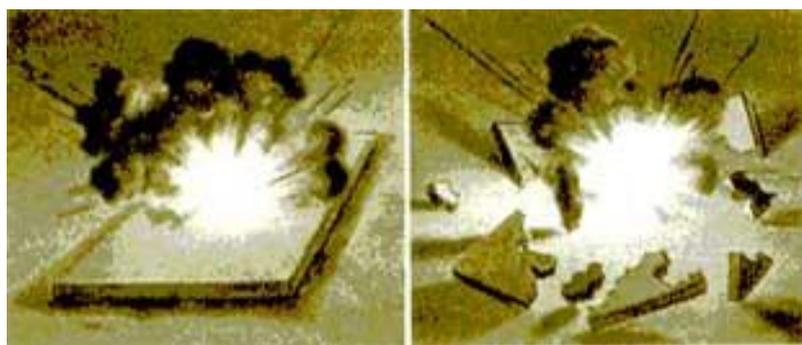


Рисунок 1.5 – Дробящий эффект взрыва

Данный эксперимент вовсе не обязательно проводить с количествами вещества в десятки килограммов, достаточно взять небольшое количество (0,1-0,2 г) пороха или чрезвычайно взрывчатой смеси бертолетовой соли с красным фосфором либо буквально ничтожное количество азиды свинца, размером с $\frac{1}{4}$ спичечной головки. При поджигании указанных веществ на поверхности спичечного коробка, заполненного спичками, эффект быстрого горения и бризантного действия проявляется по разному. Порох или (смесь бертолетовой соли с красным фосфором) – сильная вспышка, громкий хлопок, при этом поверхность коробка остается не поврежденной. Азид

свинца – резкий звук, вместо вспышки проскакивает голубая искра, в спичечном коробке образуется отверстие диаметром 1-2 мм, причем часть спичек оказывается перебитой. Подобный же эффект при детонации ВВ без оболочки наблюдается у перекиси трициклоацетона в матрице из полимеризованной эпоксидной смолы. Бризантность ВВ определяется пробой Гесса следующим образом: на стальную плиту устанавливается свинцовый цилиндр высотой 60 мм. И диаметром 40 мм, на цилиндр сверху укладывается стальная пластинка диаметром 41 мм и толщиной 10 мм. На пластинку устанавливается бумажный цилиндр диаметром 40 мм, заполненный навеской в 50 г порошкообразного ВВ при плотности в 1 г/см³ (засыпка с легкой подпрессовкой до требуемой плотности). При подрыве образца, давление взрыва, передаваемое через стальную пластинку обжимает свинцовый цилиндр, придавая ему грибообразную форму. Разница между начальной (60 мм) и конечной (после взрыва) высотами свинцового цилиндра, измеренная в миллиметрах, и характеризует бризантность ВВ. В некоторых случаях (при испытании мощных высокоплотных ВВ) вместо свинцового цилиндрика употребляют цилиндр из красной меди имеющий большую прочность в этих случаях показатель бризантности оговаривают по медному цилиндру.

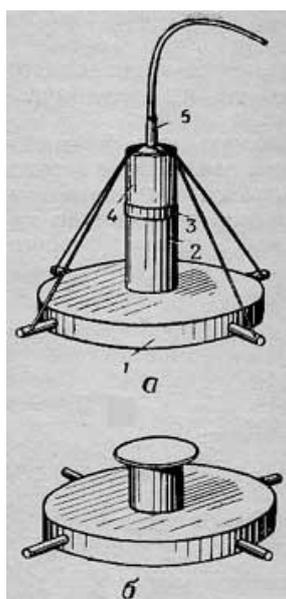


Рисунок 1.6 – Проба Гесса:

а.-свинцовый цилиндр перед взрывом; б.-свинцовый цилиндр обжатый взрывом; 1-стальная плита; 2-свинцовый цилиндр; 3-стальная пластинка; 4-взрывчатое вещество; 5-капсюль-детонатор с огнепроводным шнуром.

Таблица 1.3 – Бризантность некоторых ВВ

ВВ	бризантность в мм.
ТЭН	24
гексоген	24
тетрил	18÷20
пикриновая кислота	18
тротил	16
динамит 62%	16
аммонит 80/20 80%-нитрат аммония 20%-тротил	10-12
аммонал	16
динамон	12-14
игданит	10-12
хлоратит	10

Работоспособность ВВ.

Работоспособность (фугасность) ВВ проявляется при взрыве в плотной среде, в форме выброса этой среды с поверхности, в которую заложен заряд ВВ из образующихся вследствие взрыва воронок или выемок. Или иначе в образовании полостей в среде и ее рыхлении, в случае глубокого заложения заряда ВВ в среду и соответственной невозможности ВВ произвести выброс с поверхности среды (так называемый камуфлет). Работоспособность ВВ соответствует полному импульсу, определяемому расчетом, баллистическим маятником и другими средствами.

Для определения работоспособности ВВ обычно используется проба в так называемой бомбе Трауцля, отливаемой из свинца в форме цилиндра диаметром и высотой 200 мм. По оси цилиндра выполнен канал диаметром 25 мм. и глубиной 125 мм. рис.10 , в который помещают навеску в 10 г. испытуемого ВВ при его плотности в 1 г/см³, а все оставшиеся сверху

свободное пространство канала засыпают кварцевым песком, прошедшим через сито со 144 отверстиями на 1 см²

После подрыва заряда ВВ в свинцовом блоке (бомбе Трауцля) образуется грушевидная полость, объем которой замеряют, заполняя весь канал водой и измеряя ее количество. Разность между начальным объемом канала и объемом полости после взрыва, выраженная в квадратных сантиметрах и является относительной характеристикой работоспособности (фугасности) ВВ.

Чувствительность ВВ.

Чувствительность ВВ является одной из его важнейших характеристик которая определяет возможность и область практического использования данного вещества. Слишком большая чувствительность ВВ делает его весьма опасным и соответственно неудобным в обращении. Йодистый азот взрывается от падения на него птичьего пера, гремучее серебро взрывается даже при легком прикосновении к нему даже в мокром состоянии под слоем воды. Достаточно интересное соединение хлористый азот напоминающий по взрывчатым и физическим свойствам нитроглицерин имеет слишком большую чувствительность его капля взрывается даже при падении с высоты нескольких сантиметров. Прекрасное в сущности ВВ нитроглицерин, слишком чувствителен в чистом виде и не может быть практически применим. С другой стороны, слишком малая чувствительность ВВ затрудняет его взрывчатое превращение в массу, достаточно простыми средствами, что также ограничивает его применение. Примером таких ВВ служат аммиачноселитренные ВВ без добавок индивидуальных органических ВВ (нитропроизводных), например аммонал: нитрат аммония+алюминий, игданит: нитрат аммония+дизельное топливо и прочее. Такие ВВ для своего взрывчатого превращения требуют обязательное употребление мощного промежуточного детонатора, например тротиловой шашки, а в некоторых случаях и применение прочной оболочки, хотя бы на некотором расстоянии развития детонации. Например при карьерных взрывах употребляют

начальную оболочку в виде куска стальной трубы, помещенной в вершине скважины снаряженной игнанитом, зерногранулитом и прочими аммиачноселитренными ВВ). Кроме чисто химических факторов (состав, число нитрогрупп, характер внутримолекулярных связей) на чувствительность ВВ влияют его физическое состояние, величина кристаллов (зерен вещества), плотность вещества, наличие примесей и прочее. По физическому состоянию современные ВВ делятся на жидкие, порошкообразные, прессованные, литые, желеобразные, порошкообразные с жидкостным наполнением между зёрнами (частицами) ВВ или с наполнением пластическим веществом. Уменьшение чувствительности ВВ к механическим воздействиям наблюдается и при увеличении размера зёрен порошкообразного вещества. Существенно влияют на чувствительность к механическому внешнему импульсу различные примеси могущие оказаться во взрывчатом веществе при небрежном хранении или обращении. Такие примеси как песок, стекло, корунд, металлические опилки и т.п., повышают чувствительность ВВ, а такие вещества как воск, парафин, масло, вода наоборот понижают ее. Примеси увеличивающие чувствительность ВВ называются сенсibiliзаторами, и их наличие ограничивается при производстве ВВ жесткими нормами. Примеси понижающие чувствительность ВВ называются флегматизаторами, и к некоторыми ценным для применения но слишком чувствительным ВВ они добавляются специально, чтобы придать ВВ достаточную безопасность при его производстве и обращении с ним. Например: при прессовании гексогена или тэна в шашки, к указанным ВВ добавляют около 5% парафина или церезина, также флегматизируется и тэн идущий на изготовление детонирующих шнуров. Повышение чувствительности ВВ при наличие в нем сенсibiliзирующих примесей объясняются концентрацией энергии на острых гранях кристаллов примесей при сжатии вещества во время удара, что приводит к возникновению местных сильнейших разогревов внутри ВВ при меньшей чем без сенсibiliзирующей примеси силе удара.

Флегматизирующее действие примесей заключается в том, что флегматизатор обволакивает частицы взрывчатого вещества тонкой пленкой, которая в некотором роде «смягчает» удар частиц друг друга и тем самым препятствует концентрации энергии и соответствующему местному разогреву вещества. Чувствительность ВВ к механическому воздействию (в виде удара) определяется обычно на специальных устройствах, называемых копрами, путем сбрасывания груза на навеску взрывчатого вещества, положенную на наковальню или помещенную в специальное устройство между двумя роликами (бобышками).

Чувствительность характеризуется:

1. Высотой сбрасывания груза определенной массы, при которой всегда происходит взрыв навески ВВ.
2. Процентом взрывов при сбрасывании одного и того же груза с одной и той же высоты.

Для инициирующих ВВ устанавливаются верхний и нижний пределы чувствительности. Верхним пределом считается такая минимальная высота падения данного груза, при котором происходит 100% взрывов, а нижним пределом – такая максимальная высота, при которой не получается ни одного взрыва (0%). Из таблицы 5. видно, что инициирующие ВВ обладают резко повышенной чувствительностью по сравнению со всеми прочими ВВ. Чувствительность к трению для некоторых ВВ определяют на специальных приборах, в которых испытуемое ВВ растирают между двумя твердыми поверхностями под определенной нагрузкой на трущуюся поверхность. При этом мерой чувствительности служит показатель величины нагрузки в кг. Чем больше чувствительность ВВ к трению тем при меньшей нагрузке происходит воспламенение или взрыв испытуемого ВВ. Чувствительность ВВ к тепловому импульсу характеризуется температурой, при понижении которой на 50С не происходит вспышки навески в 0,05 г. ВВ в течении 5-ти минутного нагревания ее в специальном двухстенном сосуде, (бане) заполненном сплавом Вуда, навеска в пробирке вводится в сплав,

предварительно нагретый до требуемой температуры. Температура вспышки позволяет судить о возможности применения данного ВВ в условиях повышенных температур например при торпедировании нефтяных скважин на больших глубинах, где температура часто превышает 150 0С, а также при взрывании не полностью остывших "козлов" в доменных и мартеновских печах. Следует учитывать, что температура вспышки никак не характеризует воспламеняемости ВВ от воздействия открытого пламени или искр, что необходимо знать. В этих случаях производят специальные испытания соответствующие условиям применения, или испытания тождественные испытаниям пиротехнических составов на воспламеняемость

Таблица 1.4 – Чувствительность некоторых ВВ к внешним воздействиям

ВВ	чувств. к удару высота см. падения груза 2кг-	чувств. к удару % взрывов при высоте падения 25 см. груза 2кг	чувств. к прострелу винтовочной пулей	стойкость при нагревании °С	стойкость к увлажнению	стойкость к свету
гремучая ртуть	2	8,5- 5,5 груз 0,1кг	взрыв	разлагается при 50	не взрывается при 10% влажности	---
азид свинца	3-4	23-7 груз 1,4кг	взрыв	разлагается при 200	не гигроскопичен	медленно разлагается
тенерес	11	18,2-12,5 груз 1,4кг	взрыв	разлагается при 50	мало гигроскопичен	разлагается
тэн	28	100	взрыв	разлагается при 141	не гигроскопичен	стойек
гексоген	28	78-80	взрыв	разлагается при 203	не гигроскопичен	стойек
тетрил	30	50-60	взрыв	разлагается при 150	не гигроскопичен	стойек
тротил	60	4-12	не взрывается	стойек	не гигроскопичен	Темнеет с поверх-ности
пикриновая кислота	45	24-32	взрыв	стойек	мало гигроскопичен	стойек
Динамит 62%	25	80-100	взрыв	.	не гигроскопичен	стойек
аммонит скальный №1	25	20-30	не взрывается	стойек	гигроскопичен	стойек
аммонит 80/20	60-70	16-32	не взрывается	стойек	гигроскопичен	стойек
аммонал (8% AL)	s	8-10	не взрывается	стойек	гигроскопичен	стойек
динамон	75-85	8-10	не взрывается	стойек	гигроскопичен	стойек

Кроме указанных видов испытаний, ВВ применяемые в военном деле испытывают на чувствительность к прострелу пулей выпущенной из определенного оружия (обычно винтовки) с определенного расстояния в некоторое количество испытуемого ВВ находящегося в насыпном или прессованном виде.

Стойкость ВВ.

Стойкость ВВ определяет возможность, длительность, сроки хранения, а также условия применения и использования ВВ в военном деле или взрывных работах. Стойкостью называется способность ВВ сохранять в нормальных условиях хранения и применения постоянство своих физико-химических и взрывчатых характеристик. ВВ не обладающие достаточной стойкостью могут в определенных условиях снижать и даже полностью утрачивать способность к взрыву или же, наоборот, настолько повышать свою чувствительность, что становятся опасными в обращении и подлежат уничтожению. Некоторые ВВ например пироксилин способны к саморазложению с разогреванием, самовоспламенению и возможному последующему взрыву. Различают химическую и физическую стойкость. Химическая стойкость ВВ определяется степенью прочности внутримолекулярных связей, наличием вредных примесей могущих служить причиной разложения ВВ. Наиболее химически стойкими являются нитросоединения, а также некоторые иницирующие ВВ, аммиачно-селитренные ВВ. Если эти вещества не загрязнены примесями кислотно-щелочного характера, не имеют возможности контактировать с некоторыми металлами в присутствии влаги, то они не изменяют своих свойств в течении очень длительного времени измеряемого десятками лет и более. Этим объясняется преимущественное использование таких ВВ в военном деле и на взрывных работах. Наименьшей химической стойкостью обладают нитроглицериновые и пироксилиновые ВВ, сохраняющие свои свойства в течении нескольких месяцев и редко нескольких лет. Кислотные примеси

вызывают в некоторых ВВ химические реакции, обычно сопровождающиеся выделением тепла которое еще более ускоряет процесс естественного саморазложения таких типов ВВ и разогрев их массы до температуры самовоспламенения. Химическая стойкость ВВ определяется помещением навески ВВ термошкаф с определенной повышенной температурой, на определенное время с постоянным контролем (обычно проведением химического анализа на количество выделяющейся из ВВ двуокиси азота) за наличием и скоростью разложения испытуемого вещества. Кроме анализа количества выделяющейся при разложении ВВ NO₂ контроль осуществляют:

- по измерению окраски индикатора (лакмусовая или йодкрахмальная проба) под воздействием продуктов разложения ВВ.

- по измерению (возрастанию) давления продуктов разложения в герметически закупоренном сосуде, в который помещается испытуемое ВВ.

- по измерению (потере) массы испытуемого ВВ за счет выходов в атмосферу продуктов разложения. Сравнивая показатели, полученные наблюдениями по этим методам, с нормами, установленными для данного ВВ в стандартах и технических условиях делают заключение о пригодности данного ВВ для хранения и применения.

1.10 Иницирование ВВ нагреванием (чувствительность к нагреванию)

Бризантные ВВ можно заставить детонировать, нагреванием их при условии наличия оболочки. Некоторые ВВ сгорая в больших массах после обычного их поджигания могут детонировать, процесс детонации развивается вследствие наличия мнимой оболочки, роль которой играет сама масса ВВ затрудняющая отвод газов при горении, последующего повышения давления, и переход медленного горения во взрывное горение, а затем в детонацию. Если нагревать ВВ в герметично закрытом сосуде, вследствие разложения ВВ, а затем его воспламенения давления в сосуде будет повышаться пока сосуд не разорвет по линиям наименьшего сопротивления

материала сосуда, в результате внезапного падения давления за счет расширения продуктов реакции, горение затухает и реакция останавливается (в большинстве случаев). Например, горение гремучего студня в закрытой стальной трубке продолжается до разрушения ее при давлении около 2000 кгс/см² после чего продукты реакции резко расширяются и горение прекращается причем в трубке остается некоторое количество несгоревшего гремучего студня. Чтобы избежать затухания горения при сбросе давления из-за разрыва трубки, Кенен и Иде применили приспособление состоящее из стальной трубки (см. рис. 1.7) длиной 75 мм с внутренним диаметром 24 мм, и внешним диаметром 25 мм. Круглая крышка изготавливалась из 6 мм стального листа, по оси крышки высверливалось отверстие диаметром от 1 до 20 мм. Средняя масса исследуемого ВВ составляла 30 г; ВВ заполняло трубку на высоту 60 мм. Нагревание трубки осуществлялось четырьмя мощными инжекционными газовыми горелками. При замере скорости подъема температуры она составила 15 град/с. Трубка выдерживала давление в 200 кгс/см² при комнатной температуре и 40 кгс/см² при 700С. Опыты с нагреванием различных ВВ показали, что за исключением некоторых ВВ которые не взрываются даже при минимальном диаметре отверстия (1 мм), для каждого ВВ имеется критический диаметр (d_m) в мм, при котором оно разлагается так быстро, что трубка разрывается, в то время как при несколько большем диаметре взрыва не наступает. Для большинства обычных бризантных ВВ взрыв был настолько сильным, что трубка разрывалась на мелкие куски. ТЭН и гексоген разрывали также и массивную завинчивающуюся крышку. После того как были установлены критические диаметры отверстий для ряда ВВ, были определены время нагрева (t_1) в с, от момента поджигания до того момента, когда выделяющиеся из отверстия газы начинали гореть ярким пламенем, время горения (t_2) в с, до наступления взрыва, а также величина $vt_1/d_m + t_2/d_m$, называемая временной функцией. Эта функция особенно мала для нитроцеллюлозы (пироксилина) с 13,4%

азота, азидов металлов и черного пороха, далее следуют ВВ повышенной мощности: ТЭН, гексоген и т.д.

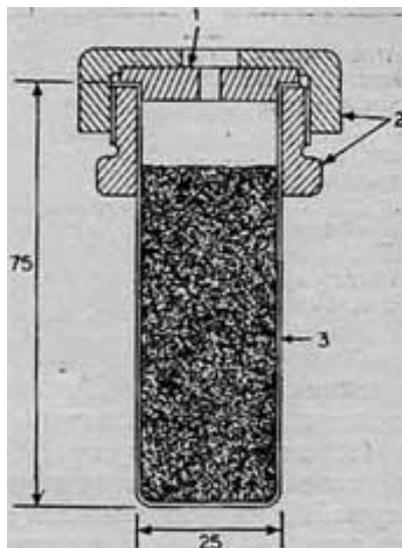


Рисунок 1.7 – Оснастка для испытания на чувствительность к нагреванию по Кенену и Иде

В 1974 г. проводились исследования перехода горения во взрыв пироксилина с 13,4% азота причем если у Кенена и Иде опыты производились с значительным количеством ВВ (30 г), и инициирование производилось сравнительно медленным нагреванием. Был исследован переход горения во взрыв малых количеств и даже микроколичеств пироксилина. При этом инициирование производилось не медленным нагреванием а при помощи луча пламени воспламенительного состава. Исследование проводилось путем воспламенения слабоуплотненного неколодированного пироксилина в навеске 3 г через отверстие диаметром 2мм, в большой стальной трубе внутренним диаметром 16 мм. и длиной 60 мм. выдерживающей давление 200 кгс/см^2 , и малой стальной трубке внутренним диаметром 5,5 мм. и длиной 15 мм. выдерживающей давление 50 кгс/см^2 с навеской пироксилина в 30 мг, воспламеняемой через отверстие диаметром 0,8мм. Большое количество опытов показало, что горение

пироксилина в таких условиях не переходит во взрыв и сопровождается разрушением большой и малой трубок по линии наименьшего сопротивления или на 1–3 осколка, что соответствует процессу взрывного горения. Однако помещение малой трубки с навеской 30 мг. пироксилина в стальную толстостенную обойму препятствующей быстрому разрушению малой трубки вызвало переход горения в детонацию с разрушением толстостенной обоймы на 3–4 осколка и малой трубки на 10 и более осколков. Подобное упрочнение оболочки на большой трубе не проводилось, из-за повышенной опасности экспериментов. Эксперимент показывает, что даже микроколичества пористых или порошкообразных бризантных ВВ при нагревании их в определенных условиях дают переход горения, во взрывное горение и далее в детонацию, а это предполагает ужесточение характеристик хранения и применения ВВ нежели существующие. Опыты Лундборга показали, что особой возбудимостью при нагревании отличаются нитроглицериновые ВВ и особенно гремучий студень, быстрое нагревание которого даже в сравнительно слабой оболочке неизменно вызывает детонацию.

1.11 Иницирование ВВ через плотную преграду (Передача детонации через преграду)

Между двумя зарядами ВВ, разделенными инертной преградой, детонация может передаваться от одного заряда к другому, если толщина преграды меньше некоторой критической. Идеальным случаем является строго соосное размещение зарядов, разделенных преградой. В большинстве случаев критические толщины преград на воздухе и в воде совпадают, однако можно предположить, что в плотной среде критическая толщина преграды будет несколько больше чем в воздухе, для ВВ нормальной или повышенной мощности.

1.12 Инициирование ВВ через воздушную преграду (Передача детонации через воздух)

Между двумя зарядами ВВ, разделенными воздушным промежутком детонация может передаваться от одного заряда к другому, если толщина воздушного промежутка менее некоторой величины, указанное есть частный случай инициирования ВВ через плотную преграду. Ранее передача детонаций через воздушный промежуток называлась передачей детонации через влияние. Значение величины воздушного промежутка зависит от массы первичного заряда (т.е. активного, взрываемого первым) а также линейного размера пассивного заряда.

1.13 Иницирующие свойства детонаторов

Проблема инициирования ВВ технически была решена А. Нобелем, который изобрел капсюль-детонатор. Нобель использовал свойства первичных (иницирующих) ВВ детонировать в малых количествах в слабой оболочке от простого нагрева или слабого удара и их способность передавать детонацию в окружающую большую массу вторичного (бризантного) ВВ. Первое иницирующее ВВ гремучая ртуть, способная детонировать в ничтожных количествах в слабой (медная фольга, жесь, картон) оболочке от нагревания или от удара бойка разгоняемого слабым зарядом черного пороха, использовалась Нобелем в конструкции его капсюлей-детонаторов. Открытый Нобелем динамит, содержащий легко иницирующийся нитроглицерин надежно детонировал от гремучертутных капсюлей-детонаторов, не зависимо от вида нитроглицеринового ВВ (пластичный, полупластичный порошкообразный). Следует заметить, что обычно в таких зарядах динамитных патронов того времени малого диаметра, при инициировании их гремучертутными капсюлями без промежуточного детонатора, детонация распространяется с малой (до 3000 м/с) скоростью, однако этого оказалось достаточным, для удовлетворения основных

требований горной технологии, для которой в основном и предназначались открытия Нобеля. Первые детонаторы снаряжались 1,5-2,5 г. гремучей ртути но даже этого количества было достаточно для надежного возбуждения детонации в нитроглицериновых бризантных ВВ и прессованных шашках сухого пироксилина применяемого в военном подрывном деле конца 19 начала 20 века. В связи с началом использования таких ВВ как плавленный и прессованный тротил, пикриновая кислота, возникла задача увеличение начального импульса капсулей детонаторов без увеличения количеств опасной гремучей ртути, которая сама по себе является довольно слабым но крайне опасным в обращении ВВ. Эта задача была решена путем введения в состав гильзы гремучертутного детонатора, прессованной шашечки высокомогущного бризантного ВВ тетрила, а впоследствии ТЭНа, гексогена. Детонаторы с промежуточным детонатором из указанных веществ массой не менее 1 г, успешно решали проблемы инициирования современных табельных ВВ нормальной мощности наиболее широко представленных тротилом. С началом широкого использования промышленных ВВ на аммиачноселитренной основе типа АСЖГ (аммиачная селитра + жидкое горючее), а также водонаполненных ВВ на основе тротила, аммиачной селитры и воды, предложенных Куком (1958 г.) к детонаторам стали предъявлять повышенные требования. В настоящее время стандартный капсуль-детонатор № 6, 8 содержащий в своем составе кроме гремучей ртути или азида свинца промежуточный детонатор (1г тетрила, ТЭНа), применяют для детонации аммиачноселитренных ВВ в комбинации с дополнительным промежуточным детонатором из мощного или нормальной мощности ВВ массой от 75 г. до 400 г., который легко детонирует от капсуля и в свою очередь усиливает его инициирующее действие. О инициирующей способности капсулей детонаторов выпускаемых промышленностью можно судить по их номерам. Зарубежные капсули детонаторы имеют номера 4, 6, 8, их отличие друг от друга в основном в массе промежуточного детонатора, если в капсуле № 8 его масса 1 г., то в № 6 его масса 0,8 г. Отечественные

капсюли № 8 отличаются материалом гильзы № 8 А – алюминий, № 8 Б – бумага, № 8 М – медь, и формой дна гильзы, плоская и вогнутая. При взрыве капсюля с вогнутым дном с торца гильзы формируется струя металла гильзы (следствие кумулятивного эффекта см. рис 1.8), имеющая скорость порядка 3300 м/с, при взрыве капсюля с плоским торцом скорость разлета осколков по оси составляет около 3000 м/с. Радиальная скорость разлета осколков и в том и в другом случае составляет 2600 м/с. Для определения иницирующей способности капсюлей-детонаторов измерялись максимальные расстояния между капсюлями и зарядами бризантных ВВ, на которых еще проявляется их иницирующий эффект, заряды ВВ располагались соосно с капсюлями или сбоку от них.

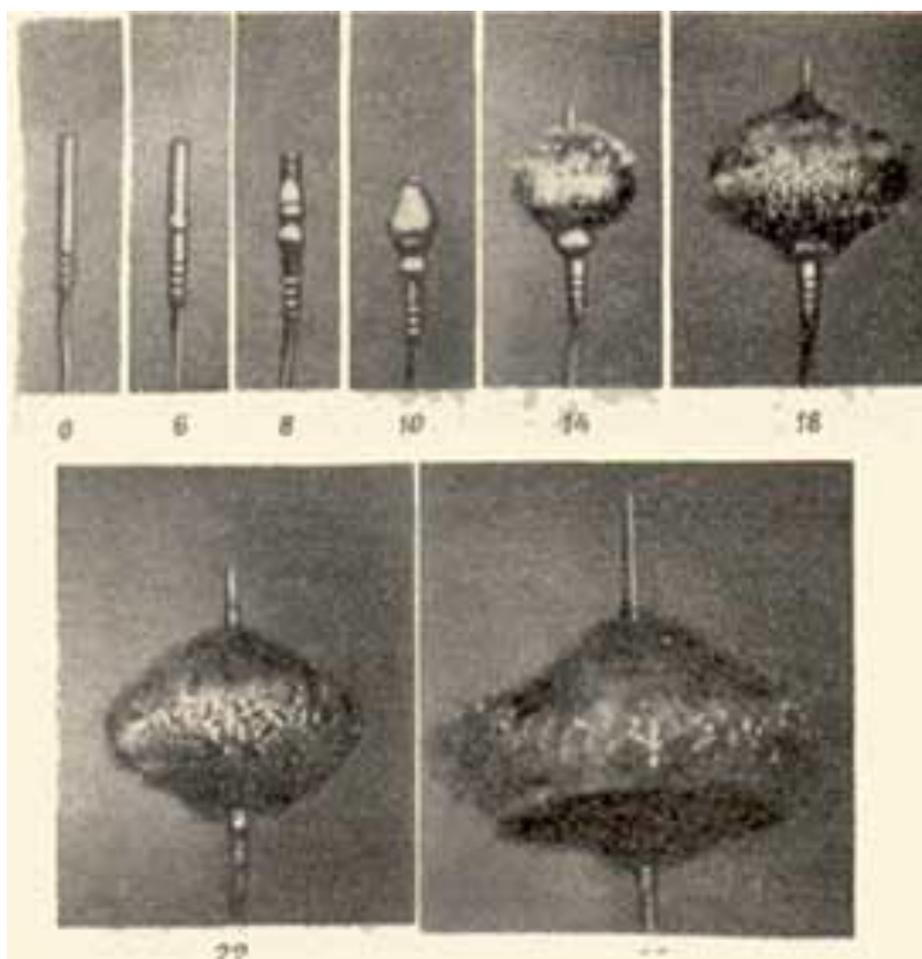


Рисунок 1.8 – Взрыв детонатора с вогнутым торцом. Иницирование детонирующим шнуром. Цифры под кадрами время (микросекунды) после замыкания цепи подрыва.

Через 6мкс после начала фотографической съемки на том участке где кончается детонирующий шнур, наблюдается вздутие; через 8мкс становятся заметны еще два вздутия (выше первого), которые вызваны взрывом инициирующего заряда азид свинца и началом детонации основного заряда тетрила. Через 10мкс детонация основного заряда заканчивается, и на следующем кадре (14мкс) видно разрушение гильзы и разлет осколков в радиальном направлении. Уже через 14мкс после подрыва отчетливо видна металлическая струя, выбрасываемая из углубления торца капсюля.

Эксперименты проводились с капсюлями-детонаторами, с алюминиевой гильзой, с вогнутым и плоским дном, а также с капсюлем-детонатором повышенной мощности с промежуточным зарядом ТЭНа в 1,25 г. Заряды ВВ представляли собой шашки прессованного тротила плотностью 1,55 г/см³, патроны 35%-го желатин-динамита, порошкообразное ВВ – нитролит в состав которого входит 76% аммиачной селитры, 12% тротила, 6% нитроглицерина, 6% различных добавок.

Наибольшее различие в эффектах инициирования в соответствии с результатами эксперимента проявляется при соосном расположении заряда и капсюлей с плоским и вогнутым дном. Для тротила максимальное расстояние между капсюлем и зарядом, на котором происходит инициирование, составляет только 2-3 мм для капсюлей с вогнутым дном и примерно 35 мм для капсюлей плоским дном. Картины внедрения осколков, летящих с торцов капсюлей (плоских и вогнутых) в лист железа толщиной 0,5 мм, на расстоянии до 100 см., оказались одинаковыми в обеих сериях опытов. Быстрое уменьшение инициирующего эффекта с расстоянием до заряда для капсюлей с вогнутым дном, вероятно связано с образованием струи, ударное воздействие которой по заряду ВВ постепенно растягивается во времени, по мере того, как расстояние до заряда возрастает. Для инициирования зарядов ВВ в боеприпасах применяют специальные конструкции детонаторов наилучшим образом вписывающие в устройство и

габариты боеприпасов. Материал гильз детонаторов, масса промежуточного детонатора в таких конструкциях совершенно различны, однако применяемые в современных боеприпасах мощные ВВ, такие как сплавы тротил-гексоген (ТГ), тротил – ТЭН (пентолит), тротил-тетрил (тетритол), инициируются легче, чем чистый тротил, поэтому габариты и масса детонаторов в боеприпасах может быть даже меньше чем у общепромышленных № 8. Капсюль детонатор № 8 легко инициирует детонацию в ВВ повышенной мощности таких как: ТЭН, октоген, гексоген, тетрил, гексогеновых и тэновых пластитах, гремучем студне, нитроманните, гексанитродифенилаmine и их смесях, ВВ нормальной мощности таких как: пикриновая кислота, пироксилин, тротил, динамиты и пр. (следует всегда учитывать, что капсюль № 8 не инициирует плавленный тротил), ВВ пониженной мощности, таких как хлоратиты, перхлоратиты, некоторых порошкообразных аммиачно-селитренных ВВ с добавками нитросоединений. Следует учитывать, что вообще разнообразные аммиачно-селитренные ВВ надежно инициируются только при применении промежуточного детонатора массой (не менее 50 г.). Иницирующая способность детонаторов зависит кроме всего прочего от того, заключен ли инициируемый заряд ВВ в оболочку или имеет безоболочечный вид. Например, детонатор снаряженный 0,5 г. гремучей ртути легко инициирует пироксилиновую шашку диаметром 30мм, помещенную даже в легкую (жесть) оболочку, в то время как такая же шашка без оболочки при ее инициировании тем же капсюлем инициируется с 50% вероятностью, при этом в случае отказа шашка оказывается разрушенной от импульса детонатора без воспламенения остатков пироксилина. Капсюль с 0,5 г. гремучей ртути легко возбуждая детонацию в порошкообразной и прессованной пикриновой кислоте без оболочки, возбуждают детонацию в литой пикриновой кислоте только при наличии прочной оболочки. Сказанное относится к зарядам ВВ малого диаметра, при увеличении диаметра заряда роль оболочки по видимому должна уменьшаться. В настоящее время диаметр капсюлей детонаторов всех

номеров равен примерно 7мм (российские изделия в точности повторяют достижения взрывотехники зарубежья), что, вероятно, сложилось исторически из расчета возможности проведения совместной работы капсюля с ранее изобретенным огнепроводным (бикфордовым) шнуром, в этой связи интересна способность к инициированию ВВ капсюлей-детонаторов с наружным диаметром гильзы менее 7-6 мм. Иницирующая способность капсюлей-детонаторов возрастает с повышением температуры инициируемого ВВ, с теоретической точки зрения интересны опыты автора (1972 г.) с инициированием пикриновой кислоты таким слабым инициатором как капсюль воспламенитель «Жевело» (не являющийся капсюлем-детонатором). При воздействии такого слабого начального импульса на порошкообразную пикриновую кислоту, помещенную в прочную цилиндрическую оболочку с внутренним диаметром 5,5мм детонации не возникла, однако при воздействии того же импульса на расплав пикриновой кислоты в аналогичной оболочке возникла устойчивая детонация с нормальной скоростью. Из опытов следует, что ВВ пониженной мощности, не инициируемые капсюлем № 8 в нормальном состоянии, по-видимому, могут быть инициированы им, при условии нахождения их в расплавленном состоянии. Кроме классической гремучей ртути инициирующим ВВ, может служить азид свинца отличающийся повышенной инициирующей способностью (почти в 10 раз большей чем гремучая ртуть), и сравнительно малой чувствительностью к механическим воздействиям. Недостатком азид свинца является его малая чувствительность также и к термическим воздействиям (лучу пламени, искрам, термическому излучению), поэтому в современных капсюлях-детонаторах для инициирования от термического импульса (огнепроводного шнура, электровоспламенительной спирали и т.п.) самого азид свинца применяется переходный инициирующий состав из ТНРС (тринитрорезорцината свинца). Сам по себе ТНРС отличается очень малой инициирующей способностью и никогда не употребляется в качестве индивидуального инициирующего ВВ. Однако ТНРС отличается большой

чувствительностью к термическому импульсу и будучи воспламененным слабым термическим импульсом, прекращает инициирует основной инициирующий заряд капсюля-детонатора из азид свинца. Применение азид свинца в капсюлях-детонаторах в настоящее время предпочтительно, и гремучая ртуть в качестве инициирующего ВВ практически не употребляется.

1.14 Канальный эффект

Внутренний канал

Если в цилиндрическом заряде ВВ имеется полость (канал) проходящая вдоль его оси, то при детонации находящийся в канале газ (воздух) приводится в движение расширяющимися продуктами детонации ВВ, в результате по каналу распространяется газовая ударная волна с крутым фронтом, за которым воздух сжат и сильно нагрет. В свою очередь газ сжимает ВВ впереди фронта детонации, его плотность соответственно возрастает, что приводит к увеличению скорости детонации. По указанной причине скорость детонации в зарядах с внутренним каналом может превышать скорость детонации в зарядах без канала при той же начальной плотности. Указанный эффект имеет особое значение в зарядах мощных ВВ с плотностью более 1 г/см^3 . В веществах, обладающих повышенной чувствительностью, например в ТЭНе, возрастание скорости детонации в следствии наличия газовой волны в канале оказывается существенно выше того, которого можно было бы ожидать за счет простого увеличения плотности ВВ. Экспериментальное определение давления и температуры сжатого воздуха проводилось при подрывах тетрила. При канале диаметром 6-13 мм в заряде тетрила диаметром 32 мм, и канале диаметром 13-36мм в заряде тетрила диаметром 51 мм, при плотности тетрила $0,93\text{ г/см}^3$. Давление сжатого воздуха в канале при взрывах достигало значений от 730 до 1140 кгс/см^2 и температуру от 10000 до 16000 градусов Кельвина. К при этом скорость детонации составляла до 7790 м/с , а скорость ударной волны в газе

до 8840 м/с (скорость детонации без канала в указанных зарядах тетрила составляет не более 5300 м/с). В литых трубчатых зарядах пикриновой кислоты, тротила, и сплава тетрила с тротилом 40/60 скорость ударной волны в газе составляет от 11,7 до 12,9 км/с при скорости детонации зарядов не более 7740 м/с. Значение скорости ударной газовой волны в канале значительно выше, чем вычисленная теоретически. Этот факт может быть объяснен тем, что сжатый воздух имеющий скорость около 7000 м/с, воздействует на стенки канала, создавая в них давление около 7000 кгс/см². В результате в поверхностном слое ВВ на стенках канала возникает быстрая химическая реакция, энергия которой идет на увеличение энергии воздушной ударной волны в канале. Подтверждением наличия воздушной ударной волны движущейся в канале со скоростью превышающую скорость детонационной волны в заряде ВВ служит случай детонации заряда ВВ с заканчивающимся в нем каналом. При детонации такого заряда из достаточно чувствительного ВВ, например трубчатого заряда (ТЭНа, тетрила) конец заряда взрывается в момент удара газового потока по глухому дну канала еще до подхода фронта детонационной волны. От точки инициирования распространяется две детонационные волны в противоположных направлениях, одна из которых движется назад и встречается с основной детонационной волной, подобный эффект не наблюдается сравнительно малочувствительных ВВ, таких как тротил. С теоретической точки зрения интересен эффект резкого возрастания скорости детонации в трубчатых зарядах ВВ при помещении на пути воздушной волны в канале инертных преград в виде разделенных некоторым (в опытах 40мм) расстоянием кусочков фольги определенной толщины. В заряде ТЭНа плотностью 1,5г/см³, диаметром 21мм., с каналом диаметром 4мм., зарегистрирована скорость детонации около 10000м/с. Увеличению скорости детонации происходит при определенной толщине (массе) преграды когда она тормозит движение воздушной волны и газ задерживается вблизи преграды на время, достаточное для инициирования ВВ, при увеличении

толщины преграды задержка все более возрастает в следствии чего средняя скорость движения фронта газового потока уменьшается. При значительном увеличении массы преграды указанная минимизирующая способность газового потока полностью исчезает. Скорость детонации таких зарядов становится равной обычной скорости детонации данного ВВ в сплошном заряде без канала.

Внешний канал

Существование продольного кольцевого канала между цилиндрическим зарядом ВВ и стенкой трубы или шнура оказывает на распространение детонации примерно такой же эффект, как и внутренних каналов. Расширяющиеся продукты детонации воздействуют на воздух в канале таким образом, что впереди детонационного фронта движется слой сжатого воздуха, под действием которого плотность ВВ повышается задолго до прибытия детонационного фронта. Этот эффект может вызывать затухания детонации в тех ВВ, в которых детонационная способность уменьшается при увеличении плотности, а к таким ВВ относятся наиболее употребимые в горнорудной промышленности аммиачноселитренные ВВ. Также относится и к детонирующим с малой скоростью динамитам. Замечено, что если скорость детонации заряда без оболочки превышает 3000...3500 м/с, то детонация в таком заряде еще способна распространяться при наличии канала, хотя и с несколько меньшей скоростью.

1.15 Кумулятивный эффект и кумулятивные заряды

Кумулятивным эффектом от латинского слова *simulatio* – увеличивать, стимулировать, накапливать, называется явление, при котором разлет продуктов взрыва во время детонации при помощи схождения потоков продуктов детонации концентрируется в определенном направлении. Если в заряде бризантного ВВ сделать выемку конусной, параболической или полусферической формы, то продукты взрыва, разлетаясь с поверхности

выемки по нормали сталкиваются в месте схождения противоположных потоков продуктов взрыва изменяют направление своего движения; при этом они дополнительно сжимаются и начинают двигаться с повышенной скоростью обладая соответственно увеличенным пробивным эффектом.

Наибольшее сжатие продуктов взрыва происходит на некотором расстоянии от основания заряда. Это расстояние тем больше, чем больше угол при вершине выемки, при этом сжатие продуктов взрыва и их скорость уменьшаются тем больше чем больше угол при вершине выемки. Если выемку в заряде облицевать неким пластическим материалом, то продукты взрыва будут обжимать (схлопывать) эту облицовку, которая находясь под колоссальным давлением при своем схлопывании (скорость удара по нормали к оси достигает нескольких километров в секунду) сжимает внутреннюю свою часть материала который значительно превышает пределы пластической деформации и жидкий материал облицовки выбрасывается вперед. До момента смыкания часть облицовки, находящейся непосредственно перед этой зоной, образует быстро суживающееся сопловое отверстие, форма и положение которого оказывают влияние на диаметр и направление выбрасываемой струи. При прохождении струи через это отверстие она вымывает материал облицовки который увлекается первичной струей. Этот процесс повторяется по мере деформации всех новых кольцевых участков облицовки в результате чего образуется непрерывная струя, которая распространяется за детонационной волной до тех пор, пока не будет достигнут предел пластического течения в системе. Конические облицовки, имеющие небольшое отверстие у вершины, (острия конуса) образуют не только основной (направленный вперед) поток, на также и струю в обратном направлении (навстречу детонационному фронту) значительно меньшей массы, что указывает на существование зоны высокого гидростатического давления вдоль оси. Механизм деформации облицовки и образование кумулятивной струи до некоторой степени зависят от формы облицовки и

параметров заряда ВВ. Конические облицовки с полууглом менее 60 градусов обычно обжимаются, принимая форму, изображенную на рисунке.

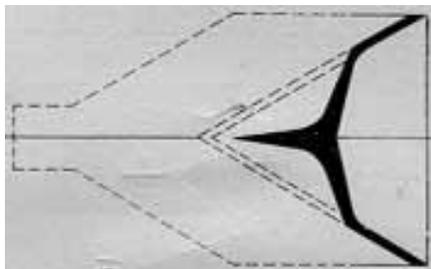


Рисунок 1.9 – Деформация конической облицовки при обжатии взрывом

В общем случае скорость жидкой кумулятивной струи приблизительно соответствует скорости детонации применяемых ВВ, но в некоторых случаях скорость может быть выше скорости детонации и достигать скорости более 10000 м/с. Наблюдение процесса обжатия облицовки и измерения скорости струи показали, что по мере перемещения точки смыкания стенок облицовки в направлении от вершины к основанию конуса скорости соударения стенок и скорость струи уменьшаются, что сопровождается появлением градиента скорости вдоль струи. Облицовка после обжатия образует плотный конусообразный кусок (пест), скорость которого зависит от конструкции заряда и составляет 0,5...2,5 км/с. Движущийся вслед за кумулятивной струей пест не играет какой либо роли в пробивном действии. Поскольку кумулятивная струя всегда имеет различные скорости в ее головной и задней части, она постепенно разрывается на отдельные части, имеющие уже недостаточные скорости для пробивания преграды. Этим объясняется необходимость некоего оптимального расстояния от кумулятивного заряда до преграды, с тем, чтобы струя достигла преграды до своей фрагментации. В артиллерийских и авиационных боеприпасах кумулятивного действия такое оптимальное расстояние устанавливается конструктивно внутренним воздушным промежутком в оживальной части боеприпаса (между головкой боеприпаса и кумулятивной воронкой).

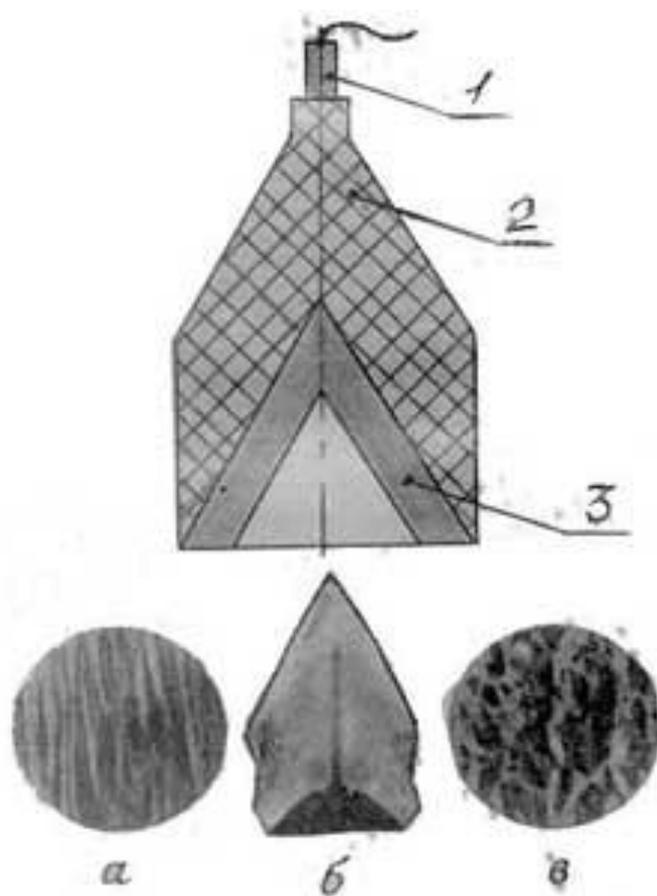


Рисунок 1.10 – Кумулятивный заряд с конической облицовкой:
 1.-капсюль-детонатор; 2.-заряд ВВ; 3.-стальная облицовка; а-
 микрофотография шлифа с передней части обжатой облицовки (песта); б-
 обжатая облицовка (пест); в-микрофотография шлифа с наружной зоны
 обжатой облицовки (песта)

На рисунке показана форма обжатой облицовки (песта), показанная форма и размеры конической стальной облицовки постоянной толщины с полууглом при вершине 30 градусов почти соответствующим предельным условиям образования кумулятивной струи. В четко очерченных зонах конуса на микрофотографиях шлифов обнаружены фазовые изменения и сжатие зерен металла вдоль оси, возрастающие в направлении к основанию облицовки. Это, подтверждает сделанные ранее наблюдения, что масса кумулятивной струи возрастает по мере продвижения вперед точки смыкания стенок облицовки.

Очень важно правильно выбрать соотношение между массой облицовки и массой заряда ВВ. При чрезмерно большой массе (т.е. толщине) облицовки, потери энергии, обусловленные внутренним трением и последующим нагревом стенок облицовки при обжати, а также потери связанные с ее дроблением, могут привести к уменьшению кинетической энергии процесса смыкания стенок и нарушению гидродинамического режима истечения струи. И наоборот если используется слишком тонкая облицовка, то из-за нарушения целостности наружных элементов облицовки не обеспечивается требуемая ориентация потока. В предельном случае тонкий материал облицовки может просто испаряться при схлопывании стенок. Деформация при обжати конической облицовки с полууглом раствора конуса более 60 градусов или полусферической облицовки, в корне отличается от описанного выше механизма процесса. Облицовка вначале выворачивается, а когда фронт детонационной волны подходит к основанию облицовки, превращается в конус с малым углом.

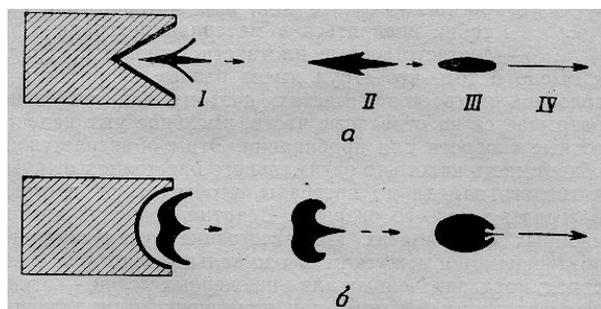


Рисунок 1.11 – Схема обжати металлической облицовки кумулятивной выемки: а.-обжати конусной облицовки; б.-обжати полусферической облицовки; 1, 2, 3- различные моменты обжати; 4-выплеснутая вперед струя жидкого металла

Полусферические и конические облицовки с большим углом почти целиком дробятся с образованием более короткой струи, но большего

диаметра. Пест вообще не образуется, как и в случае конусов с малым углом раствора.

1.16 Пробивное действие кумулятивной струи

Металлическая кумулятивная струя, движущаяся со скоростью 7 км/с и более, в момент столкновения с преградой создает давление превышающее 150000 кгс/см². Материал преграды в зоне действия струи переходит в жидкое состояние и с высокой скоростью выбрасывается в радиальном направлении. Картина течения струи и материала преграды в процессе углубления в пробиваемое отверстие показана на рисунке.

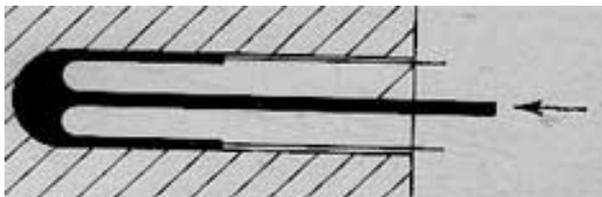


Рисунок 1.12 – Проникание сплошной струи металла в металлическую преграду с вымыванием в обратном направлении материала преграды.

Наряду с такими важнейшими факторами разрушения, как взрывное высокоскоростное расширение материала преграды перешедшего в жидкое состояние в радиальном направлении и непрерывная деформация материала преграды, в процессе образования канала в преграде участвуют также и такие факторы, как эрозия, выброс материала преграды в обратном направлении и частичное его испарение. Благодаря воздействию всех факторов разрушения диаметр пробитого канала может значительно превышать диаметр струи. Последнее обстоятельство дает возможность новым порциям струи достичь перемещающейся зоны разрушения материала преграды (дна канала) без существенных помех. С течением времени струя удлиняется и из-за существования градиента скорости постепенно разрушается с образованием

отдельных элементов, которые в атмосферных условиях в конце концов приобретают самостоятельные траектории в соответствии с их индивидуальной аэродинамической формой. Переход от сплошной струи к раздробленной можно наблюдать на рис... . На глубине внедрения, составляющей около двух диаметров основания конуса, форма канала свидетельствует о том, что струя распадается на отдельные элементы.

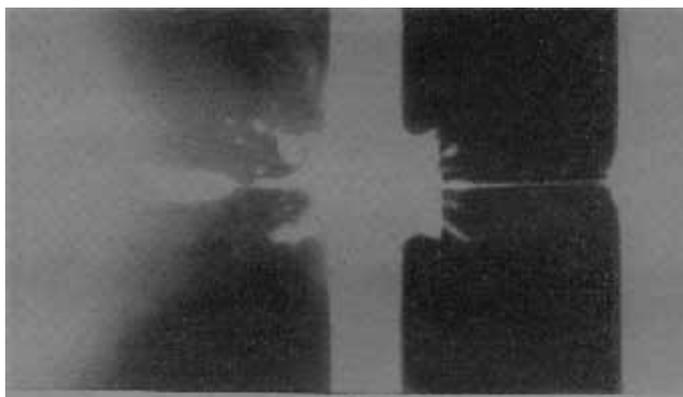


Рисунок 1.13 – Рентгенограмма, иллюстрирующая пробивное действие стальной струи по преграде из стальной плиты, расположенной на расстоянии от кумулятивной выемки.

На рентгенограмме можно видеть процесс внедрения стальной струи в стальную преграду на скорости движения струи 7 км/с. Видны полностью обжатая облицовка (пест), приближающийся к преграде, и продолжающая истекать струя, которая имеет четкие границы и распространяется на расстояние трех длин песта. Виден взрывообразный процесс при соприкосновении струи с преградой, материал которой разбрасывается на входе и выходе из пробитого канала. Диаметр отверстия приблизительно в 10 раз превышает диаметр струи. Видна часть струи прошедшая через первую преграду по существу без помех и начинающая внедрение во вторую преграду.

Помимо разрушения струи, градиент скорости, а точнее градиент кинетической энергии струи, вызывает соответствующее измерение диаметра пробиваемого канала. Ясно, что размер отверстия в преграде в значительной степени зависит от расстояния между преградой и кумулятивным зарядом на

рис виден кумулятивный эффект при непосредственном контакте заряда с облицовкой со стальной преградой. Значительная часть кинетической энергии струи рассеяна, что подтверждается большой зоной разрушения материала преграды на поверхности преграды и в зоне материала окружающего отверстие. При детонации идентичного заряда находящегося на некотором расстоянии от преграды, наблюдается значительное увеличение глубины внедрения струи при почти полном отсутствии разрушений в зоне материала вокруг пробитого отверстия. На практике, для каждого заряда существует оптимальное расстояние до пробиваемой преграды называемое фокусным расстоянием, при котором глубина отверстия в пробиваемом материале максимальна, при увеличении или уменьшении этого фокусного расстояния глубина пробиваемого отверстия уменьшается. Глубина и объем образующегося отверстия, образованного при взрыве данного заряда, зависит не только от расстояния между зарядом и преградой, но также и от физических свойств материала преграды.

Самые эффективные результаты по глубине пробиваемой преграды и объему отверстия получаются для пластичных материалов, например для свинца диаметр отверстия более чем в 40 раз превышает диаметр струи. Глубина внедрения струи в неоднородные материалы, отличные от металлов, обычно превышает глубину внедрения в сталь. Больше и объем образующегося отверстия. Стальная кумулятивная струя, например проникает в цементобетон на глубину от 8 до 12 диаметров конуса. Гранит, базальт, другие природные минералы хорошо противостоят действию кумулятивной струи и пробиваются лишь на немного большую глубину чем сталь.

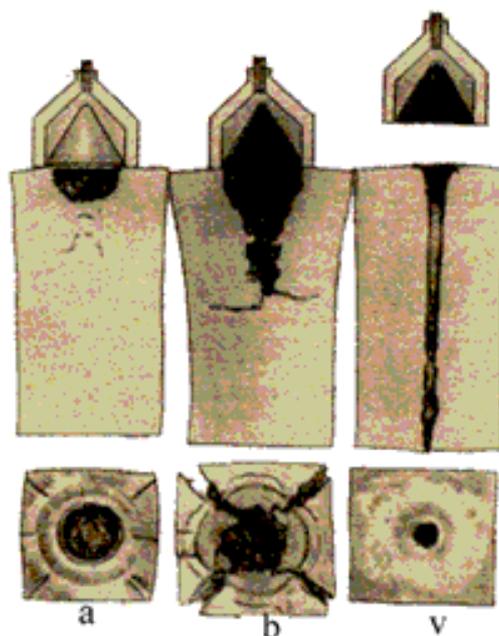


Рисунок 1.14 – Кумулятивные эффекты: а-кумулятивный эффект заряда с выемкой без облицовки; б-пробивное действие кумулятивного заряда с облицовкой при контакте с преградой; в-пробивное действие кумулятивного заряда с облицовкой, расположенного на необходимом расстоянии от преграды.

На рисунке иллюстрируются пробивные эффекты взрыва кумулятивных зарядов без облицовки, и кумулятивной выемки, без облицовки но с выемкой с облицовкой непосредственно контактирующей со стальной преградой, с облицовкой на некотором расстоянии от стальной преграды. Заряд без кумулятивной выемки взорванный при его контакте со стальной преградой образует на поверхности преграды некоторое углубление на уровне пластической деформации металла. Заряд с кумулятивной выемкой без облицовки примыкающей к преграде при взрыве оставляет в стали уже значительное углубление вызванное эрозионным действием струи газов высокого давления. Заряд с кумулятивной выемкой и облицовкой примыкающий к преграде вызывает сильное разрушение преграды образуя отверстие значительной глубины при сильном хрупком разрушении преграды. Заряд с кумулятивной выемкой и облицовкой взорванный на некотором расстоянии от стальной преграды образует в

преграде сквозной канал небольшого диаметра при видимом отсутствии хрупких разрушений, что говорит о пластическом характере деформаций в преграде.

1.17 Кумулятивные заряды в корпусе

Диаметр заряда ВВ используемый для получения кумулятивного эффекта, всегда превышает критический, если он используется без оболочки (корпуса), в этом случае в нем распространяется стационарная детонационная волна формирующая кумулятивную струю некоторой кинетической энергии. Однако при использовании заряда заключённого в прочный корпус можно существенно повысить эффективность действия заряда относительно концевое (конечное) эффекта. Заключение заряда в корпус вызывает отражение ударных волн в сторону заряда, при этом благодаря снижению потерь давления в радиальном направлении увеличивается количество энергии, затрачиваемой на распространение детонационной волны в направлении основной оси заряда. Такое взаимодействие волны с корпусом приводит к тому, что фронт волны делается более плоским. Угол встречи детонационной волны со стенкой корпуса облицовки уменьшается, а скорость обжатия облицовки соответственно увеличивается что приводит к увеличению скорости кумулятивной струи и увеличению её массы. При нежелании вызвать повреждение разлетающимися осколками металлического корпуса окружающих объектов используют заряды с легко дробящейся оболочкой образующие мельчайшие осколки малой массы быстро теряющие скорость при разлёте. При использовании артиллерийских снарядов было обнаружено, что начальная скорость снаряда не влияет на величину пробивания брони, при этом вращение снаряда размывает кумулятивную струю из-за воздействия на неё центробежной силы при взрыве вращающегося снаряда, глубина пробиваемого в броне отверстия уменьшается. Современные

кумулятивные бронебойные снаряды делают невращающимися, стабилизируя их в полёте оперением, или применяют специальные меры для обеспечения возможности проворачивания собственно кумулятивного снаряда относительно наружного корпуса вращающегося снаряда.

2 ОСНОВНЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА, СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Промышленные взрывчатые вещества

2.1.1 Иницирующие взрывчатые вещества

Иницирующие ВВ обладают наибольшей чувствительностью к внешним воздействиям. Развитие процесса детонации, то есть установление детонационной скорости в них происходит за очень малый промежуток времени, почти мгновенно (смотри график на рисунке 2.1) и поэтому они способны развивать нормальную (для конкретного иницирующего ВВ) скорость детонации в очень малых количествах (порядка десятых долей грамма), от таких простых начальных импульсов как искра, луч пламени, накол, удар, возбуждая взрывчатое превращение в других менее чувствительных веществах. Из-за большой чувствительности иницирующих ВВ и их сравнительно малой энергоёмкости, они не используются в качестве ВВ для получения механической работы разрушения.



Рисунок 2.1– Характер развития детонационной скорости: 1. у бризантных ВВ; 2. у иницирующих ВВ

Гремучая ртуть – $[\text{Hg} (\text{ONC})_2]$ – первое иницирующее вещество открытое французом Бойеном в 1774 г., позволила А.Нобелю создать первый капсюль-детонатор положивший начало использования процесса детонации в промышленности и военной техники. Гремучая ртуть представляет собой

белый порошок ,или при иной технологии изготовления серый порошок в виде игольчатых кристаллов плотностью 4,42 г/см³ нерастворимых в холодной воде. От действия сильных кислот (особенно серной) она взрывается, от действия щелочей разлагается. С металлами практически не взаимодействует, лишь с алюминием она энергично взаимодействует, поэтому гильзы гремучертутных детонаторов не делают из указанного металла. С медью, латунью, железом, гремучая ртуть взаимодействует медленно лишь в присутствии влаги с образованием фульминатов меди и железа, веществ более чувствительных чем сама гремучая ртуть. Гильзы из меди, латуни, железа, перед наполнением гремучей ртутью обязательно покрывают слоем лака недопускающего контакта металла с гремучей ртутью. Сухая гремучая ртуть подожжённая в небольшом количестве вспыхивает без взрыва, при поджигании больших количеств горение перейдёт в детонацию. Гремучая ртуть чувствительна к удару и трению даже весьма незначительным. При содержании 30% влажности она не поджигается, при 10% влажности горит но не взрывается, при 5% взрыв происходит только в месте инициирования и далее не распространяется. Изменение температуры в пределах обычных, не влияют на стойкость гремучей ртути, длительное нагревание при более 50°С приведёт к её разложению с потерей взрывчатых св-в. При температуре ниже –100°С гремучая ртуть также теряет способность взрываться. Будучи подожжена даже в лёгкой оболочке легко детонирует, применяется для снаряжения капсулей детонаторов, электродетонаторов, в капсулях воспламенителях (в смесях с другими веществами). В настоящее время заменяется более прогрессивными иницирующими ВВ. Скорость детонации гремучей ртути при максимальной плотности- 5400м/с.

Азид свинца – $[Pb(N_3)_2]$ впервые синтезирован иностранными учёными в 1891г. Азид свинца представляет собой белый кристаллический порошок плотностью 4,71г/см³, нерастворимый в воде, и негигроскопичный. Кислоты, щёлочи, углекислый газ, (особенно в присутствии влаги) и солнечный свет очень медленно разлагают азид свинца. Азид свинца не

реагирует с алюминием, и реагирует с медью с образованием более чувствительного чем он сам азид меди, поэтому гильзы для азид-свинцовых детонаторов делают из алюминия. Азид свинца подожжённый даже в ничтожных количествах взрывается, детонация развивается даже в сотых долях грамма. Азид свинца детонирует даже при отсутствии оболочки. Азид свинца менее чувствителен к удару, трению, иным механическим воздействиям чем гремучая ртуть. Чувствительность к искре, лучу пламени (нагреванию), также меньше чем у гремучий ртути. Азид свинца не снижает способности к детонации во влажном состоянии. Температурные колебания не влияют на стойкость азид свинца, но при нагревании до 200°С он начинает разлагаться. По иницирующей способности азид свинца превосходит гремучую ртуть, например при иницировании 2г тетрила в капсуле детонаторе №8 необходимо 0,29-0,30г. гремучей ртути и только 0,025г азид свинца. Азид свинца вследствие своей малой чувствительности к механическим воздействиям применяется для снаряжения капсулей детонаторов артиллерийских снарядах с высокими начальными скоростями, где на применяемые ВВ действуют громадные ускорения. Однако малая чувствительность азид свинца к лучу огня и нагреванию заставляет применять для его начального возбуждения вещества которые сами будучи малочувствительными к механическим воздействиям, чувствительны к тепловым воздействиям и особенно к лучу огня. В азид-свинцовых капсулях-детонаторах в качестве вещества подобного свойства применяется ТНРС. Азид свинца применяется во всех видах капсулей-детонаторов и электродетонаторов.

ТНРС – $[C_6H(NO_2)_3O_2Pb]$ сокращённое название стифнат свинца, или тринитрорезорцинат свинца. Впервые синтезирован иностранными учёными в 1914г. ТНРС представляет собой жёлтый кристаллический порошок, плотностью 3,1г/см³, практически не растворимый в воде, и мало гигроскопичный. Кислоты разлагают ТНРС, также как и солнечный свет. ТНРС не взаимодействует с металлами и может быть помещён в любую

оболочку. ТНРС весьма чувствителен к тепловым воздействиям, особенно лучу огня чем отличается от других инициирующих ВВ. Чувствительность к удару ТНРС в 6 раз меньше чем у гремучей ртути, и в 2 раза меньше, чем у азида свинца. Иницирующая способность ТНРС очень мала, даже 2г. ТНРС не могут вызвать детонацию тетрила. Совмещение в одном корпусе капсюля-детонатора, начального инициатора ТНРС и азида свинца позволяют получить прекрасные результаты работы капсюля, нечувствительного к механическим и чувствительного к тепловым воздействиям. Применяется в капсюлях-детонаторах, электродетонаторах, воспламенительных изделиях. Тетразен – $[C_2H_8ON_{10}]$ сокращённое название гуанилнитрозоаминогуанилтетразена. Впервые получен иностранными учёными в 1910г.

Тетразен представляет собой светло- жёлтый кристаллический порошок, практически не растворимый в воде, малогигроскопичный, не взаимодействующий с металлами и поэтому могущий быть помещён в оболочку из любого металла. По чувствительности к наколу и удару тетразен близок к гремучей ртути его инициирующая способность значительно меньше. Тетразен невозможно использовать как самостоятельное инициирующее ВВ, однако его применяют в качестве в качестве сенсibilизатора к азиду свинца или ТНРС. Примесь 2-3% тетразена к указанным веществам резко повышает их чувствительность к наколу.

Перекись ацетона – сокращённое название перекиси трициклоацетона. Перекись ацетона представляет собой белый кристаллический порошок, нерастворимый в воде, негигроскопичный. С металлами не взаимодействуют может быть помещён в любую оболочку. Перекись ацетона чувствительна к удару, наколу, и тепловым воздействиям. Подождённая без оболочки сгорает сильным пламенем. Помещённая в оболочку, даже слабую легко детонирует, даже матрица из отверждённой эпоксидной смолы служит оболочкой для развития детонации в перекиси ацетона. Воспламеняется как в сухом так и в влажном виде. Из-за лёгкости получения часто используется как модельное

инициирующее ВВ, однако очень не стойка и теряет свои взрывчатые свойства (в зависимости от условий хранения и общего количества) в течении от нескольких дней до нескольких недель. По инициирующей способности перекись ацетона не уступает гремучей ртути. Кроме перечисленных веществ инициирующими свойствами обладают некоторые органические азиды например циануртриазид, органические пероксиды, ацетилениды серебра и свинца, перхлораты, арилдиазониев, производные тетразола и пр.

2.1.2 Бризантные взрывчатые вещества

Бризантные ВВ своё название получили от французского слова "Briser", что означает дробить, разламывать. Бризантные вещества в отличии от инициирующих не могут детонировать от простых начальных импульсов (искра, луч пламени, нагревание). Для возбуждения в них детонации необходим начальный импульс в виде взрыва небольшого количества детонирующего инициирующего ВВ, а иногда при пониженной чувствительности бризантных ВВ и взрыва так называемого промежуточного детонатора из другого более чувствительного бризантного ВВ взрываемого в свою очередь от инициирующего ВВ.

Таблица 1 – Бризантность основных взрывчатых веществ

ВВ	Бризантность в мм.
ТЭН	24
гексоген	24
тетрил	18÷20
пикриновая кислота	18
тротил	16
динамит_ 62%	16
аммонит 80/20 80%-нитрат аммония 20%-тротил	10-12
аммонал	16
динамон	12-14
игданит	10-12
хлоратит	10

Бризантные ВВ являются основными (табельными) ВВ применяющихся в огромных количествах для снаряжения боеприпасов (артиллерийских снарядов, миномётных мин, авиационных бомб, морских торпед, ручных гранат, инженерных мин и.пр), а также для производства взрывных работ как для военных так и для мирных идей.

2.1.3 Бризантные взрывчатые вещества повышенной мощности

К этой группе относятся ВВ обладающие повышенной скоростью детонации 7500-9000м/с и выделяющие большое количество тепла при взрыве (более 1000ккал/кг). Одновременно эти ВВ имеют и несколько большую чувствительность к начальному импульсу, они взрываются от капсюля-детонатора любого номера, от простого капсюля с 0,05г. гремучей ртути, а также при ударе винтовочной пули летящей со скоростью не менее 700 м/с. От действия открытого пламени загораются и горят интенсивным светло-жёлтым пламенем, практически не выделяя дыма, при горении их в количестве более нескольких сотен грамм горение может перейти во взрыв.

Октоген - $C_4H(NNO_2)_4$ – циклотетраметилен-N-тетранитроамин, белый кристаллический порошок., t плавления 278,5-280°C, плотность 1,9-1,96г/см³, не растворяется в воде, растворяется в ацетоне. Скорость детонации при плотности 1,9г/см³ = 9100м/с. Впервые октоген был синтезирован зарубежом в 1943г. Октоген высокомогущное ВВ имеющую повышенную термостойкость. Применяется в кумулятивных зарядах ракет, обычно в виде сплава с 23% тротила, сплав 23/77 называется октолом, бронепробиваемость октола, превосходит бронепробиваемость сплава ТГ 40/60 (см.гексоген).

Гексоген- $C_3H_6(NNO_2)_3$ – циклотриметилен -N- тринитроамин, циклонит, белый кристаллический порошок, t плавления 204-205°C, плотность 1,816 г/см³, не растворяется в воде, растворяется в ацетоне. Скорость детонации при плотности 1,8г/см³ = 8750 м/с. Был впервые синтезирован зарубежом в 1899г. При температуре плавления гексоген уже

начинает разлагаться поэтому применяется в прессованном виде, либо в виде сплавов с другими ВВ. Гексоген всегда применяется во флегматизированном виде с 4% церезина или парафина, 3% стеарина, с 0,5% красителя судана. В смесях с пластифицирующими веществами из гексогена готовится пластит (современные неграмотные журналисты называют его пластид!)пластиковая взрывчатка. Например одно из таких ВВ разработанных в США состоит из 75% гексогена 4,8% динитротолуола, 3,2% мононитротолуола и ряда добавок. Пластиты могут быть приготовлены также из октогена и ТЭНа. Гексоген применяют в основном для снаряжения капсулей-детонаторов, промежуточных детонаторов, кумулятивных зарядов ракет и снарядов, снарядов автоматических пушек, а также как диверсионное ВВ заключающее большую мощность в малом объеме и массе. Пластиты применяют для снаряжения бронебойно-фугасных (откольного действия) снарядов и авиационных бомб. Пластиты содержат пластификаторы снижающие мощность и чувствительность гексогена поэтому их относят к ВВ нормальной мощности с коэффициентом равным 1,3 по отношению к тротилу. Пластиты как правило не взрываются от прострела винтовочной пулей и могут спокойно сгорать в количествах до 50 кг. Ранее гексоген применялся для снаряжения детонирующих шнуров. Сплавы и смеси гексогена с тротилом как более легкоплавкие чем гексоген (для предотвращения разложения гексогена при температуре плавления) применяются для снаряжения боеприпасов методом заливки, что весьма важно для крупных боеприпасов, которые обычно так и снаряжаются. Применяются сплавы гексогена с тротилом называемые ТГ, в числителе указывается процентное содержание тротила в знаменателе гексогена например ТГ – 40/60, 40% тротила, 60% гексогена. По своим взрывчатым свойствам и энергетическим характеристикам сплав ТГ занимает промежуточное положение между тротилом и гексогеном, приближаясь к тому из компонентов, количество которого в сплаве больше. Известны сплавы ТГ-70/30; ТГ-50/50. Зарубежом сплавы в которых гексоген не менее 60%

называют составами «В». Состав ТГ-40/60 называют также гексотолом, состав ТГ-23/77 называют циклотолом. Торпексом и триаленом называют сплавы тротил, гексоген, алюминиевая пудра, отечественное название ТГА, тот-же сплав называют «НВХ» его состав 40% тротила, 42% гексогена, 18% алюминиевой пудры и 0,7% флегматизатора (сверх 100%). Гексоген в смесях с аммиачной селитрой применяется на взрывных работах под названием скального динамита, для разработки наиболее прочных горных пород.

Гексил - $C_{12}H_4(NO_2)_6NH$ – желтые кристаллы, гексанитродифениламин, t плавления $245^{\circ}C$ плотность $1,78$ г/см не растворяется в воде, а растворяется в ацетоне термостойкое ВВ. В настоящее время не употребляется, ранее применялся в смеси с тетрилом или тротилом под названием пиронит и употреблялся для снаряжения морских торпед. По действию взрыва превосходит как тротил так и пикриновую кислоту. Синтезирован зарубежом в середине 19 века.

ТЭН - $[C(CH_2ONO_2)_4]$ – тетранитропентаэритрит, белый кристаллический порошок, t плавления $141-142^{\circ}C$, технического $138-140^{\circ}C$, плотность $1,67-1,75$ г/см³, не растворяется в воде, растворяется в ацетоне. Скорость детонации при плотности $1,67$ г/см³ 7800 м/с. Впервые синтезирован зарубежом в 1901 году. При температуре плавления происходит частичное разложение ТЭНа, поэтому он применяется в прессованном виде или в виде сплавов с другими ВВ. ТЭН всегда применяют во флегматизированном виде с введением в него до 5% парафина, церезина, воска и т.п. ТЭН применяют для снаряжения капсулей-детонаторов, промежуточных детонаторов, детонирующих шнуров, кумулятивных зарядов. Для уменьшения чувствительности ТЭНа его применяют в виде сплавов с тротилом, особо популярен сплав 50% тротила и 50% ТЭНа названный пентолит-50, в другие составы пентолитов входит от 30% до 60% ТЭНа. ТЭН применяется также и в виде пластичных масс называемых пентринитом в состав пентринитов входит ТЭН и нитроглицерин, например: 10–70% ТЭН, 90–30% нитроглицерин. Пентринит требует еще более

осторожного обращения чем самТЭН из-за присутствия нитроглицерина, кроме того как и нитроглицериновые ВВ, пентринит необходимо оберегать от действия низких температур. Пентриниты чрезвычайно мощные ВВ.

Тетрил - $[C_6H_2(NO_2)_3N(NO_2)CH_3]$ – тринитрофенилметилнитроамин, белый кристаллический порошок желтеющий на свету, $t_{\text{плавления}} 130-131^{\circ}C$, плотность $1,7 \text{ г/см}^3$, не растворяется в воде, растворяется в бензине, ацетоне. Скорость детонации при плотности $17 \text{ г/см}^3 = 7560 \text{ м/с}$. Впервые синтезирован за рубежом около 1870 года. При температуре плавления происходит частичное разложение тетрила, однако он отлично прессуется что позволяет применять его в виде прессованных форм. Тетрил применяют для снаряжения капсюлей-детонаторов, промежуточных детонаторов, флегматизированный тетрил применяют для снаряжения снарядов автоматических пушек. Для снаряжения боеприпасов литьем применяют сплав тетрила с 20 % тротила. Смеси тетрила с тротилом в виде прессованных шашек по мощности, равных 1,2 мощности тротила называется тетритолом. Тетрил нельзя смешивать с аммиачной селитрой, так как при взаимодействии выделяется тепло, что может привести к воспламенению смеси.

Нитроманнит - $C_6H_8(NO_3)_6$ – маннитгексанитрат, белый шелковистые кристаллы, $t_{\text{плавления}} 112-113^{\circ}C$, плотность $1,806 \text{ г/см}^3$, не растворяется в воде, растворяется в спирте. Скорость детонации при плотности $1,8 \text{ г/см}^3 = 8000 \text{ м/с}$. Впервые синтезирован Домонтом и Менаром в 1843 году. При температуре плавления происходит частичное разложение нитроманнита. Очень чувствителен к механическим и тепловым воздействиям. Флегматизированный нитроманнит может применяться для снаряжения капсюлей-детонаторов, промежуточных детонаторов.

ЭДНА - $C_2H_6N_2(NO_2)_2$, галеит, белое кристаллическое вещество, $t_{\text{плавления}} 181,7^{\circ}C$, плотность $1,75 \text{ г/см}^3$, растворяется в горячей воде, плохо в холодной. Скорость детонации при плотности $1,5 \text{ г/см}^3 = 7610 \text{ м/с}$. Впервые синтезирована в США во время второй мировой войны.

ЭДНА имеет температуру вспышки около 180°C, что не позволяет получать литые формы. Химическая стойкость ЭДНЫ недостаточна, в кислых средах, она способна образовывать чувствительные взрывчатые соли с металлами. Легко прессуется, по силе взрыва не уступает тетрилу но отличается меньшей чувствительностью к удару, что делает её предпочтительнее для использования в боеприпасах.

ДИНА – $C_4H_8N_4O_8$ – динитратдиэтонолнитроамин, диэтонолнитратнитроамин, кристаллическое вещество, t плавления 53 0С плотность 1,67г/см³, не растворяется в воде, растворяется в ацетоне. Скорость детонации при плотности 1,47г/см³ = 7350м/с, при большей плотности скорость детонации возрастает.

ДИНА имеет недостаточную химическую стойкость и более чувствительна к удару чем ЭДНА, однако превосходит её по мощности взрыва. Впервые синтезирована в США во время второй мировой войны.

Бистринитроэтилмочевина – $C_5H_6N_2O(NO_2)_6$ – БЭМ, температура плавления 101°C, плотность 1,79г/см³, скорость детонации 8000м/с при плотности 1,62г/см³, мощность взрыва приближается к гексогену. Перспективное ВВ. впервые синтезировано Веттерхольмом.

2.1.4 Нитроглицериновые взрывчатые вещества нормальной мощности

В 1867г. Альфред Нобель нашёл средство для широкого использования нитроглицерина (НГЦ). Он пропитал НГЦ инфузорную землю (трепел) и так получил вещество названное динамит, способное выдерживать перевозку, почти идеальное в обращении и использовании. Различают несколько видов динамитов:

1. Желатин-динамиты высокомошные , состоят в основном из 90-94% НГЦ и 6-10% пироксилина (НК). Например: Гумми динамит – 94,5НГЦ/5,5 - Швеция, Гомма А-92НГЦ/8НЦ - Франция, Гремучий студень-

93НГЦ/7НК – ФРГ, Полярный динамит-92НГЦ/8НК – Англия, п.т.п. Все желатин-динамиты представляют собой пластичные, или резиноподобные гелеобразные вещества отличающиеся высокой мощностью, не уступающие и даже превосходящие по взрывным свойствам ВВ повышенной мощности. Эти динамиты легко детонируют от любого типа капсулей детонаторов, горят сильным желтым пламенем, взрываются от прострела винтовочной пулей, и имеют большую чувствительность к тепловым и механическим воздействиям, скорость детонации таких динамитов достигает 7900м/с.

2. Гурдинамиты классические , состоят в основном из НГЦ и пористых носителей в которые он впитан, носители могут быть как инертные (трепел) так и активные то есть способствующие взрыву (выделяющие дополнительную энергию, или и энергию и дополнительный кислород для окисления входящих в состав горючих веществ) например: Гурдинамит – 75НГЦ/25 кизельгур, Нобелит – 20НГЦ/1,6НК/60 NaNO_3) 14 нитросоединений / 2,5 уголь, Рексит – 64НГЦ/20 NaNO_3 /11 дубильных опилок / 5 древесных опилок. Гурдинамиты с аммиачной селитрой: Динамон 45НГЦ/47 аммиачной селитры/8 угля недообугленного, Скальный динамит – 10НГЦ/80АС/10 уголь, Аммиачный динамит – 16 НГЦ/0,1НК/60АС/15 NaNO_3 /8,9 уголь. Гурдинамиты представляют из себя порошки обычно спрессованные в патроны диаметром 20-25мм., обёрнутые в парафинированную бумагу или в пластиковой оболочке длиной 10см и более. Гурдинамиты с содержанием более 50% НГЦ являются ВВ нормальной мощности и детонируют со скоростью 6500-7000м/с, будучи инициированы капсулем-детонатором №8. Гурдинамиты с содержанием НГЦ менее 40% можно скорее относить к ВВ переходной мощности между нормальной и пониженной мощностью. Такие динамиты могут детонировать как с нормальной 6000м/с, так и с пониженной скоростью 2000 –2500м/с. Пониженная скорость детонации мало сказывается на работоспособности динамита однако сильно сказывается на его дробящем действии, что в некоторых случаях важно. Для надежного возбуждения детонации с

нормальной скоростью в таких динамитах необходимо увеличение диаметров зарядов до 35-40 мм, или применение совместно с капсулем-детонатором №8 промежуточного детонатора из ТЭНа, тетрила, гексогена массой не менее 2 г.

3. Желатин-динамиты нормальной мощности , состоят из 20-63% НГЦ; 1-3% НК; 2-10% ароматических нитросоединений (мононитротолуол , динитротолуол, динитронафталин, динитробензол), или твердого горючего (уголь, древесные опилки и т.п.) 35-60% аммиачной селитры (АС) и иногда других веществ. Желатин-динамиты нормальной мощности обычно пластичные вещества плотностью 1,5-1,7 г/см³, зажженные горят светящимся пламенем, но безопасно сгорают только в небольших количествах.

Пример: Гомма В –60 НГЦ /3НК/ /34 АС/ 3ТГ (твердое горючее, Амонжелит-1, 38 /НГЦ/2 НК/4 АНС/52АС/ /4ТГ, Полярный амонжелигнит – 26 НГЦ/1НК/52АС/12NaNO₃/9ТГ, Желегнит –54 – 63 НГЦ /3– 5НК /26– 34KNO₃/6–9 древесные опилки/0,5CaCO₃. Правила возбуждения детонации в этих динамитах такие же как для гурдинамитов. Динамиты приготовленные на НГЦ замерзают (отвердевают) при температуре -8-12°С, при этом хотя чистый замороженный НГЦ менее чувствителен к удару, динамиты в замороженном состоянии более чувствительны к удару чем НГЦ. В связи с вышеуказанным НГЦ сейчас не применяют в чистом виде для изготовления динамитов, обычно под обозначением НГЦ в рецептах динамитов обозначается смесь 50% чистого НГЦ и 50% нитрогликоля (см.). Подобная смесь практически не уступает по взрывчато- энергетическим характеристикам чистому НГЦ однако замерзает при более низких температурах чем чистый НГЦ, около –18°С. Замерзшие динамиты весьма чувствительны к ударам и трению, могут легко взорваться при разламывании патрона, снятия с него бумаги и т. п. Нитроглицерин и нитрогликоль постепенно эксудируют из внутренних слоев патрона к периферийным внешним, и скапливаясь на поверхности патрона в виде капелек, делают динамит очень опасным в обращении. Желатин-динамиты при хранении постепенно уплотняются за счет вытеснения пузырьков воздуха,

находящихся внутри их массы. Это явление называется старением, и в соответствии с теорией Боудена снижает чувствительность динамитов к начальному импульсу и ведет к отказам при взрыве. Эксудация и старение динамитов ограничивает срок их годности обычно шестью месяцами.

Тринитроксилол $C_6H(NO_2)_3(CH_3)_2$ – ксилит, ТНК, 2,4,6 тринитроксилол, кристаллический порошок, t плавления $182^\circ C$, плохо растворим в воде, растворяется в ацетоне, бензоле. По своим свойствам ксилит близок к тротилу. Скорость детонации немного меньше чем у тротила, чувствительность к начальному импульсу также несколько меньше. Взрывчато энергетические характеристики несколько меньше чем у тротила. В процессе получения тринитроксилола, образуется так называемое ксилитовое масло, представляющее собой низкоплавкую эвтектическую смесь моно, ди, тринитроксилолов. Ксилитовое масло применяют для производства ВВ, как добавку нитропродуктов например в аммиачноселитренные ВВ, а также как пластификатор для бездымных порохов.

Тринитроанизол – эфир пикриновой кислоты, по взрывчатоэнергетическим характеристикам близок к тротилу, в отличие от пикриновой кислоты не взаимодействует с металлами.

Тринитрофенетол - обладает примерно теми же свойствами, что и тринитроанизол и тротил.

Нитрокрахмал - $C_{12}H_{20}-XO_{10}-X(NO_3)X-1$ называемый также ксилоидин, подобно пироксилину (нитроклетчатке) образует несколько азотных эфиров, все они более или менее взрывчаты, интерес представляет пентанитрокрахмал и гексонитрокрахмал с содержанием азота 13,5%. Пента и гексонитрокрахмалы представляют собой белый порошок так же как пироксилин не имеющий температуры плавления, t воспламенения $170-175^\circ C$, не растворяются в воде, однако сильно гигроскопичны, растворяются в ацетоне. Сухой прессованный нитрокрахмал инициируется капсюлем-детонатором, по взрывчато- энергетическим характеристикам сходен с

пироксилином, однако еще лучше последнего растворяется в нитроглицерине, применяется для изготовления бездымных порохов наряду с пироксилином. Впервые нитрокрахмал был получен Браунно в 1832 году.

Тринитрометакрезол - $(\text{CH}_3)\text{C}_6\text{H}(\text{OH})(\text{NO}_2)_3$ – желтый кристаллический порошок, плохо растворим в воде, ограниченно растворим в органических растворителях, по свойствам близок к пикриновой кислоте, в смеси с последней называется шимозе.

Тринитрофенилендиамин - $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3(\text{NH}_2)_2$ – желтый кристаллический порошок, t плавления 289°C (с разложением), не растворяется в воде, растворяется в уксусном ангидриде. По взрывчато-энергетическим характеристикам близок к тротилу, термостойкое ВВ для прострела нефтяных скважин.

Нитрогуанидин - $\text{CH}_4\text{N}_3\text{NO}_2$ –НД – белый кристаллический порошок, t плавления 232 – 246°C с разложением, плотность $1,77$ г/см³, практически не растворим в воде, растворим в ацетоне. По взрывчато-энергетическим характеристикам нитрогуанидин приближается к тротилу, однако отличается от других ВВ ценным свойством выражающимся в очень низкой температуре взрыва, поэтому НД применяется как в чистом виде, так и в смеси с другими ВВ в шахтах опасных по возможности взрыва газа или пыли. Такие ВВ называются гризунитами или антигризунитами, или предохранительными ВВ. При их взрывах опасность воспламенения шахтных газов или пыли существенно понижается. НД – также широко применяется при изготовлении бездымных порохов, для снижения температуры их горения в канале стволов оружия. Впервые получен Пелицари, Франшимоном, Тиле в конце 19 века.

Нитромочевина – $\text{H}_2\text{NCONHNO}_2$ – белый кристаллический порошок, t плавления 158 – 164°C (с разложением), гидролизует в воде, растворяется в ацетоне. Нитромочевина по взрывчатоэнергетическим характеристикам приближается к тротилу, низкая стоимость, и простота изготовления делают нитромочевину интересной для производства промышленных ВВ. Нитромочевина была впервые получена Тиле и Лахманом в конце 19 века.

***Нитрат гидразина** $-H_5N_2NO_3$ – белый кристаллический порошок, t плавления -- плотность $1,68\text{г/см}^3$, нерастворим в воде, негигроскопичен, нитрат гидразина горит на открытом воздухе, при нагревании в оболочке взрывается, по некоторым данным скорость детонации нитрата гидразина при плотности $1,6\text{г/см}^3$ достигает 8690м/с ; однако другие данные позволяют считать нитрат гидразина ВВ нормальной мощности с взрывчато-энергетическими характеристиками тротила. При разложении нитрата гидразина выделяется дополнительный кислород, поэтому ВВ на основе нитрата гидразина необходимо готовить с добавками горючих веществ так же как ВВ на основе аммиачной селитры, в этом случае работоспособность и фугасность такой смеси, вероятно, повысится в сравнении с чистым нитратом гидразина. Чувствительность к удару и трению нитрата гидразина меньше чем у гексогена, но выше чем у тротила.

***Динитрат гидразина** $-N_2H_4 \times 2HNO_3$ - белый кристаллический порошок, t плавления $103-104^\circ\text{C}$ (с разложением), ВВ более чувствительное, чем нитрат гидразина, требует введения дополнительного горючего также как нитрат гидразина.

***Нитрат триаминогуанидина** $-C(N_2H_3)_3 NO_3$ – белый кристаллический порошок, t плавления $206-216^\circ\text{C}$, очень чувствителен к удару, скорость детонации при $1,46\text{г/см}^3 = 7930\text{м/с}$.

***ДНПМТА** - $C_5H_{10}(NO_2)2N_4$ – динитрозопентаметилентетрамин, светло жёлтый порошок, нерастворимый в воде, негигроскопичный, по взрывчато-энергетическим характеристикам приближается к тротилу, безопасен в обращении, нечувствителен, перспективное ВВ по дешевизне и лёгкости получения.

***ЦТМТНА** – $C_3H_6N_3(NO_2)_3$ – циклотриметилентринитрозоамин, жёлтый кристаллический порошок, t плавления 107°C , нерастворим в воде, негигроскопичен, по взрывчато-энергетическим характеристикам приближается к тротилу, безопасен в обращении, нечувствителен, перспективное ВВ по дешевизне и лёгкости получения.

***Тринитроазидобензол** - $C_6H_2N_3(NO_2)_3$ – взрывчатое вещество, данные отсутствуют.

Тринитротриазидобензол - $C_6N_6(NO_2)_3$ – ТАБ, плотность ___ г/см³, скорость детонации при максимальной плотности 8580 м/с.

***Диаминотринитробензол** - $C_6H_5N_2(NO_2)_3$ – ДТБ, плотность 1,79 г/см³, скорость детонации при максимальной плотности 7520 м/с.

***Триаминотринитробензол** - $C_6H_6N_3(NO_2)_3$ – ТТБ, плотность 1,9 г/см³, скорость детонации при максимальной плотности 7900 м/с.

***Тринитробензол** - $C_6H_3(NO_2)_3$ – ТНБ, плотность 1,9 г/см³, скорость детонации при максимальной плотности 7900 м/с.

***Тринитрорезорцин** - $C_6H(OH_2)(NO_2)_3$ – ТНР, стифниновая кислота, жёлтый кристаллический порошок, t плавления 180°С, плотность 1,83 г/см³, очень плохо растворим в воде, по взрывчато энергетическим характеристикам приближается к тротилу, употребляется для изготовления ТНРС.

***Бистринитроэтиламин** – кристаллическое вещество, t плавления 116°С (с разложением), отличается низкой термической стойкостью, может разлагаться с взрывом при нагревании, ВВ по некоторым данным превосходит тротил по взрывчато энергетическим свойствам.

***Бистринитроэтилнитрамин** - $(O_2N-N(CH_2C(NO_2)_3)_2$ – кристаллическое вещество, t плавления 90-91°С, ВВ по мощности превосходящее тротил.

2.1.5 Взрывчатые вещества, находящиеся в стадии исследований

Многие химические вещества по своим взрывчатым свойствам могли бы характеризоваться как ВВ, однако этому препятствуют другие их свойства как-то: большая чувствительность к механическим и тепловым воздействиям, химическая нестойкость, реакционная способность таких веществ выражающаяся в возможности химического взаимодействия с

разного рода материалами могущих контактировать с ВВ при хранении и употреблении (упаковка, оболочки, материал детонаторов и пр.), термическая неустойчивость, гигроскопичность и т.п. Вследствие этих причин многие ВВ длительное время находятся в стадии испытаний на устойчивость к воздействию указанных факторов. Другие ВВ не отличаясь особенно выдающимися взрывчато энергетическими характеристиками но, являясь нечувствительными и достаточно стойкими по всем указанным выше категориям стойкости, не вводятся в эксплуатацию по причинам высокой стоимости, трудности изготовления, недоступности сырья для их получения. Такие ВВ как бы находятся в стадии долговременных исследований и могут быть производимы в случае необходимости, или обнаружения у них неких свойств возможно необходимых для решения задач военной, промышленной или научной областей.

К указанным веществам относятся ВВ, описанные выше и отмеченные знаком *, а кроме того, следующие:

Перхлорат гуанидина - $\text{CN}_3\text{H}_6\text{ClO}_4$ – белое кристаллическое вещество, t плавления $240\text{-}252^\circ\text{C}$, нерастворим в воде, негигроскопичен, достаточно устойчив и малочувствителен, может применяться с дополнительным качеством горючего вводимого в состав ВВ на его основе.

Диперхлорат гуанидина - нет данных.

Перхлорат триаминогуанидина - $\text{CN}_6\text{H}_9\text{ClO}_4$ - t плавления 132°C , скорость детонации при плотности $1,56\text{г/см}^3 = 7730\text{м/с}$.

Моноперхлорат гидразина - $\text{N}_2\text{H}_4\text{HClO}_4$ - t плавления 137°C , очень чувствителен к удару и трению.

Диперхлорат гидразина - $\text{N}_2\text{H}_4\text{x}2\text{HClO}_4$ - белый кристаллический порошок, выше 100°C воспламеняется, открыт Таррентайном в 1915г.

Перхлорат гидраксиламмония - $\text{NH}_3\text{OHClO}_4$ - температура плавления 81°C растворим в воде и ацетоне. Открыт Робсоном.

Нитрозилперхлорат - NOClO_4 – гигроскопичен, может быть покрыт защитным покрытием из поливинилхлорида.

Перхлорат нитрония - NO_2ClO_4 – нитроилперхлорат, белые кристаллы, очень гигроскопичен, со многими органическими соединениями реагирует со взрывом, открыт Ганчем.

2.1.6 Жидкие взрывчатые вещества и жидкие смесевые взрывчатые вещества

Достаточно большой класс ВВ представляют жидкие индивидуальные ВВ и жидкие смесевые ВВ. В некоторых случаях применение таких ВВ целесообразнее чем твёрдых ВВ. Ещё в первую мировую войну в военном деле применялись бинарные ВВ (жидкие смесевые ВВ) смешение которых производилось в момент сбрасывания авиационной бомбы (гельгофит). С использованием жидких ВВ созданы первые образцы фугасных боеприпасов объемного взрыва. При сбрасывании такого боеприпаса образуется облако, аэрозольной взрывчатой смеси которое подрывается различными способами. По настоящее время главным и основным жидким ВВ является нитроглицерин, описанный в разделе ВВ нормальной мощности, однако, из-за большой чувствительности он не применяется в чистом виде, а только в виде смесей с различными ВВ (в основном с нитрогликолем и нитроклетчаткой). Вместе с тем в последнее время применяются много других жидких ВВ, как в чистом виде, так и в смеси с различными другими ВВ или веществами служащими одновременно дополнительным горючим и флегматизатором.

Нитрогликоль - $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NO}_3)$ – гликольдинитрат, НГЛ, прозрачная маслянистая жидкость, плотность $1,48\text{г/см}^3$, вязкость НГЛ значительно меньше вязкости НГЦ и примерно равна вязкости воды, НГЛ гораздо более летуч, чем НГЦ даже при нормальной температуре, при её повышении она ещё более увеличивается. Температура затвердевания НГЛ – $22,3^\circ\text{C}$, очень плохо растворим в воде, растворим во многих органических растворителях. Химическая стойкость НГЛ выше, чем химическая стойкость НГЦ. НГЛ

менее чувствителен к удару, чем НГЦ, при нагревании НГЛ также как НГЦ может детонировать, при зажигании спокойно горит пока температура не превысит критическую. Скорость детонации и взрывчатоэнергетические характеристики НГЛ сравнимы с НГЦ. Применение НГЛ см. нитроглицерин.

Диэтиленгликольдинитрат - $C_4H_8O(NO_3)_2$ – дигликольдинитрат, нитродигликоль, НДГЛ, желтоватая маслообразная жидкость, вязкость меньше чем у НГЦ, плотность 1,39г/см³, плохо растворим в воде, растворим в ацетоне и.пр. органических растворителях, t плавления 2°С. НДГЛ менее чувствителен к тепловым и особенно механическим воздействиям чем, НГЦ, в обычных условиях способен к устойчивому горению. Скорость детонации, взрывчато энергетические характеристики НДГЛ приближаются к НГЦ, достаточно применяем при изготовлении смесевых ВВ.

Тетранитродиглицерин - ВВ применяется в смеси с НГЦ для снижения температуры его затвердевания, по мощности превосходит НГЦ, применялся в первую мировую войну.

Триметилолэтантринитрат - $C_5H_9N_3O_9$ – мутная маслянистая жидкость янтарного цвета, t затвердевания 2°С, плотность 1,47г/см³, гораздо менее чувствителен к удару чем НГЦ, мощность взрыва приближается к НГЦ.

Триэтиленгликольдинитрат - $C_6H_{12}N_2O_8$ – маслянистая жидкость светло-жёлтого цвета, t затвердевания -19°С, плотность 1,33г/см³, менее чувствителен чем триметилолэтантринитрат, мощность взрыва приближается к НГЦ.

Пентаэритриттринитрат - $C_5H_9N_3O_{11}$ – петрин, t затвердевания -28°С, плотность 1,54г/см³, малочувствителен, мощность взрыва приближается к НГЦ.

Бутандиол - 1,4 – динитрат $C_4H_8N_2O_6$ – t затвердевания от -6 до 11°С, плотность 1,33г/см³, мало чувствителен, мощность взрыва приближается к НГЦ.

Нитрометан - CH_3NO_2 – НМ, безцветная жидкость, t плавления – $28,5^\circ\text{C}$, плотность $1,13\text{-}1,35\text{г/см}^3$, растворим в воде (при 20°C , $9,77\%$), растворим в органических растворителях, чувствительность нитрометана гораздо меньше чем НГЦ. Скорость детонации НМ = 6390м/с . НМ реагирует со щелочами образуя соли, при взаимодействии которых с HgCl_2 образуется гремучая ртуть. НМ широко применяется в промышленных и исследовательских взрывных работах.

Тринитрометан - $\text{CH}(\text{NO}_2)_3$ – нитроформ ТНМ, t плавления $25\text{-}27^\circ\text{C}$, плотность $1,6\text{г/см}^3$, безцветные кристаллы, в воде растворяется с жёлтым окрашиванием, малочувствителен, однако с органическими веществами образует крайне чувствительные к удару взрывчатые смеси. По мощности приближается к НГЦ.

Тетранитрометан - $\text{C}(\text{NO}_2)_4$ – ТНМ, подвижная безцветная жидкость с резким запахом, t плавления $14,2^\circ\text{C}$, плотность $1,63\text{г/см}$, не растворим в воде, смешивается с органическими растворителями, малочувствителен, скорость детонации = 6400 м/с , с органическими веществами особенно с бензолом, толуолом, керосин, масло (с которыми он смешивается во всех отношениях) образует крайне чувствительные взрывные смеси. Такие смеси стехиометрического состава более чувствительны чем НГЦ. Смеси ТНМ с алифатическими соединениями, простыми эфирами, спиртами менее чувствительны. ТНМ может применяться как ВВ в смеси с этими веществами, а также в смеси с НМ, основное назначения ТНМ ракетный окислитель, так как его взрывчатые свойства сравнительно слабы.

1-нитропропан - $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{NO}_2$ – подвижная жидкость, t плавления - 104°C , плотность $0,99\text{г/см}^3$, очень плохо растворим в воде, растворим в органических растворителях, чувствителен к нагреванию и удару, применяется как компонент ракетных топлив.

2-нитропропан - $(\text{CH}_3)_2\text{CHNO}_2$ – подвижная жидкость, t плавления – $91,3^\circ\text{C}$, плотность $0,98\text{г/см}^3$, очень плохо растворим в воде, растворим в органических растворителях, применяется как компонент ракетных топлив.

Метилнитрат - CH_2ONO_2 – мироль, МН, жидкость, t плавления - 83°C , плотность $1,2\text{г/см}^3$, растворяется в воде, растворяется в органических растворителях, очень чувствителен к нагреванию и приближается по чувствительности к НГЦ, применялся во вторую мировую войну из-за дешевизны и лёгкости получения, может взорваться при температуре кипения = 65°C .

Этилнитрат - $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}_2$ – жидкость, t плавления – $94,6^\circ\text{C}$, плотность $1,1\text{г/см}^3$, плохо растворим в воде, хорошо в органических растворителях, чувствителен к нагреванию и удару.

n-пропилнитрат - $\text{C}_3\text{H}_7\text{ONO}_2$ – жидкость, t затвердевания -101°C , плотность $1,05\text{г/см}^3$, менее чувствителен к нагреванию и удару чем МН и этилнитрат.

Изопропилнитрат - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONO}_2\text{CH}_3$ – ИПН, плотность $1,03\text{г/см}^3$, свойства напоминающие Н-пропилнитрат, скорость детонации 5400 м/с . Тринитроэтиловый спирт $(\text{NO}_2)_3\text{CCH}_2\text{OH}$ – бесцветное кристаллическое вещество, t плавления $72-73^\circ\text{C}$, в чистом виде не гигроскопичен и достаточно стабилен, ограничено растворим в воде, растворим в органических растворителях, по мощности близок к НГЦ.

***Тринитромасляная кислота** - $(\text{NO}_2)_3\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_2$, белое кристаллическое вещество, t плавления $57-60^\circ\text{C}$, умеренно растворима в воде, растворима в органических растворителях.

***Тринитроэтиловый эфир тринитромасляной кислоты** – кристаллическое вещество, t плавления 94°C .

***Тринитрометиловый эфир тринитромасляной кислоты** – кристаллическое вещество, мощное ВВ.

Иногда в качестве ВВ применяют смеси взаиморастворимых друг в друге жидких индивидуальных ВВ. Например смесь ссостава: Нитроглицерин 70% , нитроглицоль 30% .

2.1.7 Взрывчатые вещества жидкие смеси

Большинство жидких смесевых ВВ используют в качестве окислителей дешёвую азотную дымящуюся кислоту (красную азотную кислоту), иногда употребляется двуокись азота в виде димера. Жидкие смесевые ВВ были разработаны ещё в конце 19, начале 20 века иностранными военными химиками.

Оксонит – представляет собой смесь 58% пикриновой кислоты и 42% азотной кислоты, готовится незадолго до применения, по взрывчато энергетическим характеристикам равен НГЦ, нечувствителен к удару и кратковременному нагреванию.

Гельгофит – представляет собой смесь 28% нитробензола и 72% азотной кислоты, красная, прозрачная, маслообразная жидкость, по взрывчато энергетическим характеристикам равен НГЦ, нечувствительна к нагреванию и удару, готовится непосредственно перед применением.

Анергит – представляет собой смесь 50% динитробензола и 50% азотной кислоты, по взрывчато энергетическим характеристикам равен НГЦ, нечувствителен к нагреванию и удару (однако известен случай взрыва контейнера с анергитом массой 300кг, упавшего с борта грузовика с высоты всего 0,5м. от земли). Достаточно устойчив и может храниться достаточно долгое время.

Панкластит – представляет собой смесь 65% димера двуокиси азота и 35% сероуглерода, достаточно чувствителен к удару, взрывается при нагревании свыше 100 0С, по взрывчато энергетическим характеристикам уступает НГЦ. Применялся в первую мировую войну.

КД смесь - смесь азотной кислоты 30-40% концентрации, дихлорэтана, олеума в соотношении 60/40/30. Смесь КД применялась в СССР во время отечественной войны, по взрывчатым характеристикам практически равноценна тротилу.

Иные смеси. В качестве других смесей применялись также смесь азотной кислоты и мононитробензола, смесь азотной кислоты и ...

Вообще жидкие ВВ смеси, могут быть составлены путём смешения стехиометрических количеств совместимых между собой жидких окислителей (азотная кислота, четырехокись азота, тетранитрометан и.т.п.) и органических горючих или органических нитропроизводных слабой степени нитрации. Количество вариантов таких смесевых жидких ВВ уже очень велико, и может быть ещё больше.

2.1.8 Взрывчатые вещества пониженной мощности

Взрывчатые вещества этой группы обладают пониженной бризантностью вследствие существенно меньших, присущих им тепловыделений и скоростей детонации (не более 5000м/с); поэтому они уступают по бризантному действию ВВ нормальной мощности, однако по работоспособности равноценны им. При взрывании таких ВВ (например аммиачно-селитренных) в грунтах и скальных породах объем выбрасываемой и разрыхляемой среды не меньше, чем при ВВ нормальной мощности. Пониженная бризантность сказывается при использовании этих ВВ для перебивания таких прочных материалов, как металл, бетон, и.т.п. ВВ пониженной мощности не используются для снаряжения военных боеприпасов (только как суррогаты в военное время). Однако и ВВ пониженной мощности при эффективном конструировании боеприпасов на их основе могут поспорить с ВВ нормальной мощности, например американская бомба ВЛУ-82 «Прыжок Командоса» впервые применённая во Вьетнаме ещё в 1971г, при взрыве создаётся радиус разрушений строений 450м, а радиус зоны поражения живой силы вне укрытий – около 500м. Взрыв такой бомбы снаряженной смесью нитрата аммония, алюминиевого порошка и загустителя, по мощности уступает только взрыву ядерных боеприпасов. Основными видами ВВ пониженной мощности являются аммиачно-селитренные ВВ. Нитроглицериновые ВВ описанные в разделе

"ВВ нормальной мощности" применяются в значительно меньших количествах из-за опасности обращения с ними. Аммиачно-селитренные ВВ, (АСВВ) представляют собой механические смеси аммиачной селитры с взрывчатыми или горючими веществами. Эти смеси могут применяться в порошкообразном, гранулированном, прессованном или жидком виде (густая жидкость-водонаполненные ВВ), прочность прессованных аммиачно-селитренных ВВ гораздо меньше чем у ВВ нормальной мощности, так как плотность прессования не превышает 1,3-1,35г/см³, тогда как у ВВ не содержащих аммиачную селитру, она достигает 1,55-1,7 г/см³. Меньшая степень прессования связана с уменьшением чувствительности аммиачных ВВ к начальному импульсу, при превышении некоторой плотности заряда. При плотности выше некоторой критической (для наиболее широко применяемых около 1,3г/см³, причем критическая плотность зависит также от диаметра заряда) – стационарная детонация становится невозможной. Это явление обычно называют перепрессовкой. Из-за снижения чувствительности к начальному импульсу, прессованные аммиачные ВВ для возбуждения взрыва требуют кроме капсуля детонатора №8 ещё и дополнительного детонатора. Шашки аммиачных ВВ для возбуждения только от капсуля №8 могут прессоваться разноплотностными по высоте, там, где в шашке выполнено углубление под капсуль плотность наименьшая далее она возрастает до максимальной. Основой аммиачно-селитренных ВВ (АСВВ) является:

Нитрат аммония - NH_4NO_3 – белое кристаллическое вещество, t плавления 169,6°С, плотность 1,725г/см³, хорошо растворим в воде, крайне гигроскопичен. Термическое разложение с выделением окислов азота при t – 210°С. При температуре 277 -344°С и давлении 180 – 210кгс/см³, разложение нитрата аммония заканчивается детонацией, добавление небольших количеств органических веществ сильно увеличивает возможность детонации. Чистый нитрат аммония является весьма слабым ВВ, детонацию в котором можно возбудить только очень мощным начальным импульсом,

скорость её детонации около 2000м/с, бризантность всего 1,5-2мм, работоспособность около 200см³. Однако добавление в аммиачную селитру горючих веществ (органических, неорганических, металлических) резко увеличивает её взрывчато энергетические характеристики. Нитрат аммония является окислителем содержащим в своём составе большее количество кислорода чем необходимо для полного окисления входящего в его состав водорода. Этот дополнительный кислород при взрыве смеси селитры с горючими веществами окисляет их, чем значительно увеличивает тепловыделения и объём выделяемых газов, и что сильно сказывается на увеличении скорости детонации и работоспособности. Нитрат аммония из-за своей гигроскопичности увлажняется даже на открытом воздухе, при содержании более 3% влаги ВВ не взрываются от капсюля №8, а при 5% влаги вообще теряют способность к детонации (не касается акванитов и акваолов). Кроме гигроскопичности АСВВ имеют и другие недостатки: слеживаемость, полиморфичность (изменение объёмов кристаллов нитрата аммония при переходе через температурные точки -16 0С и +32 0С), выделение свободного аммиака, вызывающего коррозию металлов. Для уменьшения слеживаемости в АСВВ вводят красители фуксин и амарант (железнителители) которые препятствуют растворению поверхностного слоя частиц АСВВ и их последующее связывание между собой. Для устранения полиморфичности в расплав нитрата аммония вводят до 8% хлористого калия, который препятствует процессам полиморфизма. Все недостатки АСВВ компенсируются низкой стоимостью нитрата аммония ,возможностью его смешивания со множеством горючих и взрывчатых веществ, что позволяет получать дешёвые и разнообразные ВВ, достаточной для промышленных целей мощностью. К АСВВ которые были изобретены за границей ещё в конце 19 века относятся:

Аммотолы или Аммониты – смеси аммиачной селитры, (АС) с ВВ например тротилом, динитротолуолом, динитронафталином и пр, иногда и с добавлением невзрывчатых горючих веществ.

Динамоны – смеси АС с горючими невзрывчатыми веществами например торфом, древесными опилками или древесной мукой, жмыхом, пеком, гудроном, древесным углем и.т.п.

Аммоналы – смеси АС с алюминиевой пудрой, и часто с добавлением других ВВ и не взрывчатых горючих. Примесь алюминия к АСВВ, а также и к другим ВВ содержащим лишней кислород повышает теплоту взрыва и соответственно температуру продуктов взрыва, что увеличивает работоспособность ВВ. Например теплота взрыва скального аммонала 1270 – 1290 ккал/кг для аммонитов эта величина может быть еще больше.

Игданиты – смеси АС с 4 - 6% солярового масла (дизтоплива), которые обычно изготавливаются на месте взрывных работ. В скважину одновременно засыпают селитру и заливают дизтопливо из двух бункеров смонтированных на автомашине с дозаторами компонентов.

Акваниты и Акватолы – смеси аммонита с водой (5-25%) и загустителем 3-4% (крахмал, полиакриламид и пр.), обычное содержание тротила в водонаполненных ВВ не менее 20%, в противном случае возбуждение детонации в таких ВВ проблематично.

Ниже приведена рецептура небольшого количества АСВВ выпускаемых за рубежом:

Аммонал – 72АС/25АС/3древесный уголь (цифры обозначают проценты в смеси).

Аммотол – 70АС/30тротил (смешение с плавлением компонентов).

Шнейдерит – 88АС/12динитронафталин (с плавлением).

Составы Фавье – близки по рецептуре к шнейдеритам.

Беллит – 83АС/17динитробензол.

Сикрит – 68,5АС/10НГЦ/8тротилового масла/13,5ферросилиций.

Робурит -смесь хлординитробензола с АС и небольшим количеством серы.

◊— 12ТНТ/6НГЦ/2АС/4твёрдое горючие(ТГ).

Набит - 6НГЦ/86АС/3АС/5ТГ.

Приллит (Гранулит) – 94,4АС/5,6 жидкое горючее (дизтопливо) ЖГ.

Аммонит – 92АС/4уголь древесный/1ЖГ/3железо порошок.

Реолит AI – 23ТНТ/28АС/25NaNO₃/7,5АС/15вода/1,5ТГ
(водонаполненное ВВ).

Реолит Р – 25ТНТ/35АС/25NANO₃/14вода/1ТГ(водонаполненное ВВ).

Нитрат – 11ТНТ/80АС/9АС или 21ТНТ/79АС.

АСВВ Тротил – 18ТНТ/82АС. Один из способов увеличения мощности (фугасности) ВВ является введение в их состав алюминиевой пудры. Введение в ВВ 17–20% алюминиевой пудры увеличивает фугасное действие взрыва на 35–80%. Алюминиевую пудру особенно полезно вводить в ВВ с положительным кислородным балансом например в нитроглицерин, гексоген, октоген и пр.)

Интерес представляет алюминизированный тротил известный в США под названием **Тритонал (ТА)**, предназначенный для снаряжения осколочно-фугасных боеприпасов. Тритонал имеет большую фугасность, чем тротил, и обладает большим зажигательным действием, обусловленным присутствием в продуктах взрыва раскаленных частиц окиси алюминия.

АСЖГ – 94%гранулированная АС/6 дизтопливо.

Плотноупакованный АСЖГ – 87 гранулир. АС/7,5 феррофосфор/4ЖГ.

Водонаполненное ВВ – 25 тнт/18 NaNO₃/39,2 АС/17,8 вода. Кроме описанных выше АСВВ существует множество иных имеющих фирменные или жаргонные названия, среди них:

Зерногранулит – 80 АС/20ТНТ,гранулированная АС с чешуйчатым тротилом.

Гранулит – омасленная гранулированная АС, опудренная древесной мукой.

К ВВ пониженной мощности относятся смеси хлората калия (бертолетовой соли) $KaClO_3$ с горючими веществами и (или) нитросоединениями например: минеральными маслами, металлическим

порошком, углем, парафином и небольшим количеством динитронафталина, динитробензола. Кроме хлората калия в качестве окислителя данного класса ВВ применяют хлорат натрия (NaClO_3), перхлорат калия (KClO_4) и перхлорат аммония (NH_4ClO_4). Наиболее мощными из этих ВВ являются смеси с перхлоратом аммония.

Перхлорат аммония - NH_4ClO_4 – белое кристаллическое вещество, t плавления точно не замерена, так как при 270°C наступает термическое разложение, плотность $1,95 \text{ г/см}^3$, растворим в воде, хорошо растворим в растворах аммиака. Нагревание под давлением или в оболочке может закончиться детонацией, добавление небольших количеств неорганических или органических горючих веществ сильно увеличивает возможность детонации. Чистый перхлорат аммония является слабым ВВ, детонацию в которой можно возбудить достаточно мощным начальным импульсом, скорость его детонации около 2000 м/с . Однако добавлением в перхлорат аммония горючих веществ резко увеличивает его взрывчато энергетические характеристики из-за причин (см. Нитрат аммония). По сравнению с нитратом аммония перхлорат аммония не гигроскопичен, однако гораздо дороже, и выпускается в гораздо меньшем объеме. Перхлорат аммония является наиболее употребимым окислителем в твердых смесевых ракетных топливах. Твердое ракетное топливо на основе перхлората аммония при воздействии на них достаточно мощного начального импульса могут детонировать приближаясь по мощности к ВВ нормальной мощности. ВВ пониженной мощности на основе хлоратов металлов называю хлоратиты например:

Хлоратит –3 - состав хлорат калия 91% , керосин 9% . ВВ на основе перхлоратов металлов и перхлората аммония называют **Перхлоратиты** - например: перхлорат аммония 90% древесная мука 10%. Наиболее слабыми взрывчатыми свойствами обладают составы на основе перхлората калия. Хлоратиты также называются **Шеддитами** и **Цементитами**. К группе хлоратов может быть отнесена смесь: хлорат калия 50%, пикрат калия 50%.

Динитробензол- $C_6H_4(NO_2)_2$ – желтоватое кристаллическое вещество, с приятным запахом, t плавления $89,57^\circ C$, очень плохо растворим в воде, хорошо в бензоле. Так называемое "скрытое" ВВ, может детонировать при воздействии мощного начального импульса в оболочке. В смесях с АС взрывчато-энергетические характеристики возрастают.

Динитронафталин- $C_{10}H_6(NO_2)_2$ – желтоватое кристаллическое вещество представляющее собой смесь изометров с приятным запахом, t плавления от $154^\circ C$ до $219^\circ C$, не растворим в воде, растворим в диэтиловом эфире. "Скрытое" ВВ, детонирует при воздействии мощного иницирующего импульса. В смесях с АС взрывчатые характеристики резко возрастают, применяют также в смесях с хлоратами. Для снаряжения осколочных снарядов и мин, в корпусах из хрупкого чугуна применяются смеси и сплавы динитронафталина и тротила обозначаемые ТД. Применяют следующие сплавы ТД (цифра означает процентное содержание динитронафталина): ТД–50; ТД–60; ТД–80; ТД–90. Во время 2-ой мировой войны в Германии для снаряжения боеприпасов применялся сплав из 67% тротила и 33% тринитронафталина (см.).

Динитротолуол - $C_6H_3CH_3(NO_2)_2$ – желтое кристаллическое вещество с приятным запахом, t плавления $70,5^\circ C$, плохо растворим в воде, хорошо в органических растворителях. «Скрытое» ВВ. Применяется в смесях с АС.

Динитрофенол - $(NO_2)_2C_6H_3OH$ – желтоватое кристаллическое вещество с приятным запахом, t плавления $62-108^\circ C$, растворим в воде, органических растворителях. "Скрытое" ВВ. Применяется в различных смесевых ВВ.

Динитроаминофенол - (пикраминовая кислота) – красно-коричневое кристаллическое вещество, t плавления $169^\circ C$, очень плохо растворим в воде, хорошо в органических растворителях. "Скрытое" ВВ. Может применяться как суррогатное ВВ в смесях с окислителями.

Динитроанилин – желтые кристаллы, t плавления 188°C , не растворим в холодной воде, растворим в органических растворителях. "Скрытое" ВВ. Может применяться в смесях с АС и хлоратами, как суррогатное ВВ.

Динитрокрезол – желтые кристаллы, t плавления $85,5^{\circ}\text{C}$, не растворим в воде, растворим в органических растворителях. "Скрытое" ВВ. Может применяться в смесях с окислителями, как суррогатное ВВ.

Динитрофенилгидразин - $(\text{NO}_2)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{NHNH}_2$ – красные кристаллы, не растворимы в воде, растворимы в органических растворителях "Скрытое" ВВ. Применяется за рубежом как ВВ, в смесях с окислителями.

2.1.9 Окселиквиты

Окселиквиты – ВВ, в которых пористые горючие вещества – поглотители (торф, саж, солома, древесная мука, опилки и т.п.) пропитаны жидким кислородом, или смесью жидкого воздуха и жидкого кислорода. Окселиквиты были изобретены за границей Линде. Жидкий кислород температура которого -182°C , постоянно испаряется даже при низких зимних температурах, поэтому окселиквиты сразу после пропитки являются ВВ повышенной мощности, однако по мере испарения жидкого кислорода снижают свои взрывчатые свойства и по испарению кислорода остается один, невзрывчатый безопасный поглотитель. Это свойство окселиквитом предполагает готовить такое ВВ непосредственно на месте взрывных работ засыпая в скважину поглотитель, заливая его жидким кислородом и без замедления производить взрывание. Время в течении которого окселиквит сохраняет взрывчатые свойства называется его жизнеспособностью. Жизнеспособность окселиквитных патронов диаметром 30 мм, составляет не более 5 минут, а диаметром 200 мм, уже 50 минут. Во время отечественной войны СССР при обороне Москвы применялись авиабомбы массой 100кг и 250кг, снаряженные окселиквитом с поглотителем смесью мха (сфагнума) и

древесного угля залитые жидким кислородом с Московских предприятий. Такие окислительные авиабомбы сохраняли взрывчатые свойства на уровне авиабомб снаряженных смесью тротила и аммиачной селитры 50/50, в течении 3-4 часов.

2.1.10 Суррогатные взрывчатые вещества

В военное время, при резком возрастании расхода боеприпасов и недостатка табельных ВВ, исключительно важное значение приобретают так называемые суррогатные ВВ, то есть ВВ созданные на основе веществ обычно не применяющихся в военном деле, либо на основе отходов производства ВВ, или отходов производства органических веществ. Во время 1-ой мировой войны применяли так называемый грубеит представляющий собой смесь болотного пироксилина (отложения пироксилина в сточный водах пороховых заводов, состоящие из мельчайших частиц пироксилина прошедшего сквозь сита и фильтры), тротилового масла (эвтектическая смесь ди и мононитротолуолов), и нитрата натрия состава: болотный пироксилин 75%, тротиловое масло 10%, натриевая селитра 15%. Тонит – смесь: 50% пироксилина, 50% нитрата бария. Потентит – 60% пироксилина, 40% нитрата калия. Смесь 58% пироксилина и 42% хлората калия. Смесь 40% пироксилина с 60% аммиачной селитры. Робурит – смесь хлординитробензола с серой и аммиачной селитрой.

2.2 Самодельные взрывчатые вещества

2.2.1 Получение взрывчатых веществ

2.2.1.1 Иницирующие ВВ

Основное большинство пытливых химиков пришли в химическую науку после детских исследовательских игр со взрывчатыми веществами. Игры с ВВ настолько интересны насколько и опасны. Те кто благополучно прошел через игры с ВВ, обычно в дальнейшем являются отличными экспериментаторами не допускающими грубых ошибок в исследованиях. Во взрослой жизни интересы будущих профессионалов претерпевают изменения, кто-то начинает работать в различных областях общей органической химии, кто-то уходит в неорганическую химию, а кто-то вообще никогда больше не занимается химией. Вспоминается 1-й курс Менделеевки, знакомые тогда еще молодые ребята. Вспоминается болезнь нашего курса, образца 1985г. Многие из наших ребят держали сигареты в курилке не совсем обычно. У них просто не было пальцев на руках. У кого одного, а у кого и нескольких. Мы называли это болезнью первого курса! Перед тем как изучать данный раздел хорошенько подумайте стоит ли подкреплять практикой теорию? Практика получения ВВ чрезвычайно опасна для всех окружающих, но прежде всего именно для вас! Хотелось бы, чтобы данная книга воспринималась как чисто теоретический труд, для непрофессионалов интересующихся процессами взрывных превращений веществ. Имеющихся в книге сведений вполне достаточно, для того, чтобы не проводя дополнительных экспериментов сказать себе: "Да! я знаю, что такое ВВ, и с чем их едят." Кстати тем кто переболел болезнью первого курса, сильно повезло. Кто видел как это бывает никогда не забудет. Некоторые не справились с болезнью, проходящей крайне быстро. Результат-вывороченные внутренности, порванные сосуды и мышцы, разбитые кости, синие дыры от осколков, **диагноз-смерть**, для выживших статья УК.

Гремучая ртуть- Получается растворением 1 вес. части ртути в 12 вес. частях азотной кислоты, полученный раствор приливают к 10 вес. частям этилового спирта. В результате бурной реакции с выделением белого дыма в осадок выпадает гремучая ртуть, которую отфильтровывают и многократного промывают холодной водой. В случае непрохождения реакции при сливании жидкостей их смесь осторожно подогревают до начала реакции, после чего нагревание прекращают и реакция продолжается самостоятельно.

Азид свинца- В раствор азид натрия проливают раствор уксусного или азотнокислотного свинца, после прекращения выпадения осадка, осадок отфильтровывают и многократно промывают холодной водой. Азид натрия получают пропусканием закиси азота в расплав амида натрия (натрийамина) при $t = 250^{\circ}\text{C}$. Амид натрия получается взаимодействием расплава металлического натрия с газообразным сухим аммиаком, или реакцией металлического натрия с жидким безводным аммиаком в присутствии катализатора (дисперсного железа).

ТНРС- В горячий раствор стифниновой кислоты приливают раствор карбоната или бикарбоната натрия, до получения нейтральной или слегка щелочной реакции индикаторной бумаги. Полученный раствор сливают с раствором нитрата свинца, по окончании реакции выпадает осадок, осадок отфильтровывают и многократно промывают холодной водой. Стифниновую кислоту (тринитрорезорцин) получают сульфированием резорцина, а затем нитрованием сульфурезорцина.

Сульфирование резорцина

К 10 вес. частям серной кислоты (95%) при перемешивании медленно в течении часа присыпают 1 вес. часть резорцина. Постепенно поднимая температуру от 15°C до 75°C . По окончании смешения компонентов массу выдерживают при 80°C в течении часа, после чего охлаждают до $35-40^{\circ}\text{C}$ и приступают к нитрованию.

Нитрование сульфурезорцина.

Для нитрования применяют 80% азотную кислоту в количестве 3,75 молей на 1 моль резорцина. К сульфорезорцину при 40-50°C в течении получаса приливают азотную кислоту 1 моль на 1 моль сульфорезорцина, потом проводят выдержку 10 минут при 50°C, и начинают приливать в течении получаса следующую порцией азотной кислоты (1 моль), давая температуре подняться до 60°C в конце слива. После слива массу выдерживают 10 мин. При 60°C и начинают постепенный слив оставшегося количества кислоты при постепенном подъёме температуры от 60°C до 70°C в течении часа. При выдержке происходит выделение кристаллов тринитрорезорцина и реакционная масса вспучивается. После выдержки реакционную массу охлаждают и выливают в 5-ти кратное количество холодной воды. Полученные кристаллы отфильтровывают и промывают холодной водой до исчезновения реакции на серную кислоту (проба с хлористым борием).

Перекись трициклоацетона- Получается взаимодействием сливанием равных по объёму количеств ацетона и пергидроля в присутствии азотной кислоты. Выделившийся в результате реакции осадок отфильтровывают и многократно промывают холодной водой. Пергидроль может быть заменён раствором персульфата калия или натрия или клатратом мочевины и перекиси водорода.

Нитрозогуанидин- Получается восстановлением нитрогуанидина (см.) цинковой пылью в растворе соляной кислоты.

2.2.1.2 Взрывчатые вещества повышенной мощности

ТЭН- В 5 вес частей 96-99% азотной кислоты при интенсивном перемешивании медленно вводят 1 вес часть пентаэритрита поддерживая температуру массы в 18-20°C. Продолжительность выделения пентаэритрина определяется температуры нитромассы которая не должна превышать 20°C. По окончании введения пентаэритрита дают 5 мин выдержку при 20°C, затем нитромассу выливают в 5-10-ти кратное

количество воды при перемешивании. Выпавшие кристаллы тэна отфильтровываются и многократно промываются в холодной воде до нейтральной реакции. Полученный ТЭН требует обязательной стабилизации. ТЭН тщательно отжаты от промывной воды растворяют в 4вес частях ацетона кипящего с обратным холодильником. К полученному раствору добавляют 0.05-0,08 вес.ч. углекислого аммония, после этого раствор фильтруют, фильтрат медленно охлаждают и отделяют выпавшие кристаллы тэна от маточника. Маточник затем разбавляют водой, при этом выпадает тэн в виде мелких кристаллов, последние отжимают так же, как и кристаллы выпавшие из ацетонового раствора при его охлаждении, промывают небольшим количеством спирта и сушат При 40-50°C в течении 5-6 часов.

Гексоген- В аппарат для нитрации при постоянном перемешивании вводят азотную кислоту не менее чем 96-98% с минимально возможными примесями окислов азота и не содержащую серной кислоты (проба с хлористым барием) охлаждённую до 15°C и медленно прибавляют уротропин (соотношение уротропина и кислоты 1:12 в зависимости от концентрации). Скорость введения уротропина определяется температурой нитромассы. При условии непрерывного проточного охлаждения, уротропин вводят с такой скоростью чтобы температура не превышала 20°C. По окончании введения уротропина нитромассу выдерживают при перемешивании 15-20 мин. Выделение гексогена из нитромассы производят приливая нитромассу в 5-ти кратное количество холодной воды при перемешивании. Полученные кристаллы гексогена отфильтровывают и промывают тёплой водой, заливают водой и обрабатывают острым паром 1 час, затем гексоген отжимают ещё раз, промывают тёплой водой и сушат при 50°C. Полученный гексоген требует флегматизации. Гексоген заливают 3-х кратным количеством воды и нагревают острым паром до 95- 98°C. Затем массу нейтрализуют, приливая постепенно 10% р-р едкого натра, до нейтральной реакции. Флегматизирующую эмульсию готовят исходя из масс гексогена, 4% цезерина или парафина, 3% стеарина, 0,5% красителя-судана и 0,6% сухого

едкого натра. Смесь нагревают острым паром до 95-98°C и выдерживают 10 минут проверяя готовность эмульсии, которая не должна раслаиваться в течении 2 минут. Готовую эмульсию с температурой 95-98°C приливают к горячей взвеси гексогена в воде, при перемешивании. Затем при перемешивании во избежания комкования флегматизированного гексогена, к смеси приливают холодную воду до снижения температуры ниже 40°C. К массе приливают 10-15% раствор азотной кислоты до нейтральной реакции. Флегматизированный гексоген отфильтровывают, промывают водой и сушат при 50°C.

Октоген- В аппарат для нитрации при постоянном перемешивании вводят смесь 16 вес.частей уксусного ангидрида и 184 вес.частей ледяной уксусной кислоты и добавляют 20вес.ч азотной кислоты 98-99% и 25 вес.ч нитрата аммония, затем нагревают смесь при перемешивании до 40-45°C и одновременно сливают в течении 20мин. раствор нитрата аммония в азотной кислоте и ещё 62 вес.ч уксусного ангидрида, в раствор уксусного ангидрида, уксусной кислоты и уротропина. Температура во время слива не должна превышать 50°C. По окончании слива дают выдержку при 45-50°C в один час. Затем горячую смесь с выделившимся октогеном фильтруют, кислый октоген промывают водой сначала горячей, а потом холодной. Промытый октоген переносят в отдельную ёмкость, заливают 120 вес.ч. 10% азотной кислоты и при перемешивании нагревают в течении часа на кипящей водяной бане. Суспензию охлаждают до 20°C, отфильтровывают и промывают тёплой 50-55°C водой, до исчезновения кислотой реакции. По другому способу получения октогена, в аппарат для нитрации при постоянном перемешивании помещают смесь 30 вес.ч. уксусного ангидрида и 75 вес.ч. ледяной уксусной кислоты, затем добавляют 10 вес.ч. уротропина. В отдельном аппарате смешивают 32,5 вес.ч. азотной кислоты 98-99% и 13,5 вес.ч. сухого нитрата аммония. Содержимое аппарата для нитрации нагревают до 40-45°C и затем в течении 20 минут одновременно сливают в него полученный р-р нитрата аммония в азотной кислоте и 28 вес.ч.

уксусного ангидрида. Температура во время слива не должна превышать 50°C. По окончании слива дают выдержку при 45-50°C в течении часа, и поступают как описано выше.

Тетрил- Первая стадия. Получения сульфата диметиланилина. В аппарат для нитрации заливают 10 вес.ч. 95-98% купоростного масла и нагревают его до 38-40°C. Затем медленно (в течении получаса) при перемешивании приливают 1 вес.ч. деметиланилина поднимая температуру к концу слива до 50°C. После окончания слива дают выдержку полчаса при 50°C. Продукт реакции проверяют на полноту нейтрализации, для чего примерно 2мл раствора соли выливают в пробную пробирку содержащую 20мл воды. При недостаточной нейтрализации на поверхность всплывают масляные капли диметиланилина, при полной нейтрализации капли отсутствуют. Если проба показывает полную нейтрализацию продолжают выдержку ещё на 30 минут, затем если полная нейтрализация достигается (проба) содержимое аппарата охлаждают до 15-20°C и переносят в другую ёмкость. Вторая стадия. Нитрование сульфата диметиланилина. В нитрационный аппарат освободившийся после проведения первой стадии наливают меланж или 90% азотную кислоту в количестве 5,5 вес.ч. на 1 вес.ч. диметиланилина. Кислоту нагревают до 48°C и при энергичном перемешивании к ней крайне медленно (обычно капельным способом) приливают охлаждённый сульфат диметиланилина так, чтобы температура в нитраторе постепенно в конце слива поднялась до 57°C. Нитрование сульфата диметиланилина представляет опасность поэтому требует постоянного наблюдения, приливание сульфата проводят в течении 1-1,5 часа. Температура охлаждающей аппарат воды держат не ниже 40°C, так как приливаемый сульфат при сильном охлаждении, не успевая прореагировать, может накапливаться вследствие чего может начаться быстрое скачкообразное повышении температуры, с которым справиться практически невозможно, после чего может последовать вспышка или даже взрыв реакционной массы. По окончании слива сульфата диметиланилина делают

выдержку при перемешивании при 57°C в течении 30 мин. Далее содержимое нитратора охлаждают до комнатной температуры, выливают в десятикратный объём холодной воды и кристаллы тетрила отфильтровывают. Полученный тетрил требует промывки. Тетрил растворяют в 2-х кратном по весу количестве дихлорэтана при 55-60°C и раствор помещают в делительную ёмкость. Туда же наливают равный объём горячей 85-90°C воды, перемешивают в течении 5 минут, дают отстояться и водный (нижний) слой сливают. Таких водных промывок делают 4-5, пока промывная вода и раствор не будут нейтральными на лакмусе. Затем раствор фильтруют на обогреваемом фильтре и переносят в перегонный аппарат, где отгоняют примерно половину дихлорэтана. Концентрированный раствор из аппарата переносят в ёмкость и при перемешивании медленно охлаждают. Полученные кристаллы отфильтровывают от маточника, промывают небольшим количеством спирта и сушат при температуре 60°C в течении 2-х часов. Гексил. Получается нитрованием дифениламина.

Нитроманнит- Получается при медленном приливании 5 вес.ч. азотной кислоты плотностью 1,52г/см³ к 1 вес.ч. тонкорастёртого маннита. Полученный раствор охлаждают до комнатной температуры и при постоянном перемешивании приливают к нему 10 вес.ч. серной кислоты плотность 1,84 г/см³, при этом образовавшийся нитроманнит осаждается. Отфильтрованный нитроманнит многократно промывается холодной водой, а затем 0,1% раствором карбоната натрия до нейтральной реакции. Окончательное очищение достигается только повторной, в несколько раз кристаллизацией из растворе в спирте.

ЭДНА- Первая стадия. Получения этилен-бис-ацетамида. К 28 вес.ч. 64% водного раствора этилендиамина при постоянном перемешивании добавляют капельным способом 75 вес.ч. уксусного ангидрида, полученный прозрачный раствор концентрируют на водяной бане, добавляют равный объём ацетона и охлаждают. Отфильтровывают выпавшие кристаллы этилен-бис-ацетамида (t плавления = 172-173°C). Вторая стадия. Нитрование

этилен-бис-ацетамида. В аппарате для нитрации при постоянном перемешивании к 180 вес.ч. 98%азотной кислоты при охлаждении ($t = -10^{\circ}\text{C}$) прибавляют 120 вес.ч. уксусного ангидрида так, чтобы температура не поднялась выше $+5^{\circ}\text{C}$. Полученная смесь должна немедленно использоваться. К ней при той-же температуре присыпают 45г. этил-бис-диацетамида. К концу добавления из раствора начинает осаждаться нитропродукт. Реакционную смесь выдерживают 6 час при температуре $+5^{\circ}\text{C}$. После окончания выдержки к ней добавляют 750 вес.ч. льда, и отфильтровывают выпавшие кристаллы этилен-бис-N,N'-динитроацетамида (t плавления = $132-133^{\circ}\text{C}$) Третья стадия. Гидролиз-бис-N,N'-динитроацетамида. Полученное нитропроизводное при энергичном перемешивании присыпают к раствору 34 вес.ч. едкого натра в 100 вес.ч. воды, затем к прозрачному раствору прибавляют 100 вес.ч. концентрированной соляной кислоты. При охлаждении маточника выпадают кристаллы этилендинитрамина (ЭДНы). Полученный продукт сушат при температуре не выше 80°C .

ДИНА- Для получения ДИНЫ используется азотная кислота не содержащая следов серной кислоты и содержащая минимальное количество окислов азота. Применяемый диэтаноламин не должен содержать триэтоноламин. И должен кипеть при $140-150^{\circ}\text{C}$. Нитрование проводят при температуре 0°C при непрерывном помешивании. В аппарат для нитрации заливают 20 моль уксусного ангидрида. В отдельной ёмкости 1/25 часть 1моля нитрируемого диэтаноламина насыщают хлористым водородом (служащим катализатором реакции) до нейтральной реакции, полученный раствор вливают в уксусный ангидрид. Затем при перемешивании и температуре не выше 15°C в аппарат из двух капельных устройств приливают диэтоноламин и 15 моль 96-98% азотной кислоты регулируя скорость поступления компонентов пропорционально. Слив реагентов занимает около 30-49 минут при нитровании 20г. диэтоноламина. После слива всего количества реагентов при той же температуре (ниже 15°C)

реакционная смесь выдерживается 20 минут. Затем содержимое аппарата сливают при перемешивании в холодную воду, взятую в таком количестве, чтобы концентрация отработанной кислоты получалась в 30%. Выпавшие кристаллы ДИНЫ отфильтровывают и промывают водой содержащей 0,5% аммиака, затем обрабатывают острым паром в течении 15 минут. В случае если водный слой показывает щелочную реакцию добавляют уксусную кислоту до нейтральной реакции. После этого водный слой сливают и к расплавленному ДИНЕ приливают ацетон в количестве достаточном для полного его растворения (примерно равное массовое количество). К тепловому раствору приливают 2 объема воды содержащей 0,25% аммиака. Полученный раствор при перемешивании медленно охлаждают, при этом из раствора выкристаллизовывается ДИНА. Кристаллы отфильтровывают и сушат при 30-40°C.

2.2.2 Получение взрывчатых веществ нормальной мощности

2.2.2.1 Тротил

Тротил. Обычно готовится в три фазы (стадии), сначала превращают толуол в моонитросоединение, которое дальше превращается в динитросоединение и далее в тринитротолуол. Возможна нитрация сразу до тринитротолуола однако нитрация в три и даже в четыре фазы предпочтительнее для промышленности, так как даёт больше выхода продукта и позволяет использовать отработанные кислотные смеси для последующих нитрация. В связи с тем, что тротил является табельным ВВ почти всех армий мира, технология его промышленного производства является липовой военной тайной. В лабораторной же практике существует множество способов получения тротила. Опишем один из таких сполсобов. Первая фаза. Получения моонитротолуола. В аппарат для нитрации помещают 100 вес.ч. толуола и при постоянном перемешивании медленно приливают кислотную смесь содержащую 487 вес.ч. серной кислоты 98%, 75

вес.ч. азотной кислоты 96-99%, 187 вес.ч. воды, так чтобы температура реагирующей массы всё время возрастала, а к концу слива поднялась до 37-40°C. По окончании слива кислотной смеси её медленно нагревают до 50°C и поддерживают в течении получаса. После выдержки содержимое нитратора охлаждают, сливают отделившийся верхний слой моонитротолуола, отделяя его от кислотной смеси. Вторая фаза. Получение динитротолуола. В аппарат для нитрации помещают кислотную смесь состоящую из 615 вес.ч. серной кислоты 98%, 82 вес.ч. азотной кислоты 96-99%, 123 вес.ч. воды и нагревают её до 30°C при постоянно работающей мешалке. Далее медленно приливают моонитротолуол регулируя температуру так, чтобы в конце слива температура моонитротолуола возросла до 75°C. Слив при постоянном перемешивании продолжают около часа. По окончании слива содержимое аппарата нагревают в течении получаса до 95°C и дают часовую выдержку при этой температуре, затем нитромассу охлаждают до 70- 80°C и медленно приливают воду, так чтобы выделившийся динитротолуол был в расплавленном состоянии, но не перегревался выше 90°C. Затем расплавленный динитротолуол сливают отделяя его от нижнего слоя кислотной смеси. Третья фаза. Получения тротила. В аппарат для нитрации помещают динитротолуол нагретый до 80°C, затем при постоянном перемешивании медленно приливают смесь 674 вес.ч. серной кислоты 98% и 142 вес.ч. азотной кислоты 96-98%, в течении полутора часов нагревом или охлаждением аппарата обеспечивая температуру в конце слива динитротолуола в 85°C. По окончании слива смеси наблюдают в течении получаса за изменением температуры нитромассы. Когда температура начнёт самопроизвольно падать то производят подогрев с такой скоростью, чтобы в течении часа поднять температуру до 110°C. Далее при этой температуре делают часовую выдержку. По окончании этого периода реакция считается законченной, содержимое аппарата охлаждают до 80-85°C и затем медленно при перемешивании приливают в аппарат воду с целью выделения из кислотной нитромассы тротила. Быстрота слива воды должна быть такова,

чтобы температура в аппарате была в пределах 90-100°C. Затем содержимое аппарата переносят в отдельную ёмкость с обогревом где в течении 3-5 минут происходит отделение слоя расплавленного тротила от отработанной кислоты. Тротил требует удаления кислотных примесей, что осуществляют приливая к расплавленному тротилу тройное по массе количество горячей воды при перемешивании и температуре 90-95°C. После 10 минут перемешивания осторожно сливают кислую воду, заливают свежую порцию горячей воды и повторяют промывку как описано выше. По окончании промывки расплавленный тротил сливают в отдельную ёмкость дают отстояться до комнатной температуры, сливают находящуюся на поверхности воду, затем разбивают на мелкие куски и сушат в течении 6 часов при температуре 110°C. Для отделения примесей от тротила его в расплавленном состоянии при постоянном перемешивании обрабатывают горячим раствором сульфита натрия, однако такую операцию проводят не во всех случаях, а только при значительном содержании примесей в тротиле.

Пироксилин, Нитроклетчатка. В зависимости от необходимого содержания азота применяется различные способы нитрации. Рассмотрим получение нерастворимого пироксилина что соответствует содержанию азота 13,3%. Клетчатка употребляемая для нитрования может применяться в виде чистой хлопковой ваты или непроклеенной бумаги. Бумагу употребляют при непрерывном нитровании, хлопковую вату при периодическом. В аппарат для нитрации помещают смесь 10 вес.ч. азотной кислоты 30 вес.ч. серной кислоты 98%, смесь охлаждают до 18-20°C (комнатная температура) после этого в смесь вводят 1 вес.ч. хлопковой ваты медленно погружая её в смесь, а после погружения некоторое время нажимают на неё жомом, так чтобы вытеснить из ваты пузырьки воздуха дав ей возможность полностью пропитаться кислотной смесью. Температура поддерживаемая около 20-30°C, пропусканием холодной воды в наружную рубашку аппарата нитрации, в лабораторных условиях (при небольшом количестве до 20-30г хлопковой ваты) температуру регулируют интенсивным перемешиванием без

употребления специального охлаждения, а только помещая сосуд для нитрации в ёмкость с проточной холодной водой. Считается, что максимальная степень нитрации достигается выдержкой хлопка в кислотной смеси около 18-24 часов, однако при длительной выдержке вероятно начало процесса окисления и разложения нитроклетчатки. С другой стороны известно, что при большем избытке кислотной смеси и интенсивном перемешивании процесс нитрации при 20-25°C практически завершается не более чем за 15-30 минут. Получение пироксилина может проводиться с помощью азотной кислоты при концентрации ее в 30-33%, в этом случае нитрующая смесь готовится из 3 объёмов серной кислоты 98% и 1 объёма азотной кислоты 30-33%. Чем меньше масса вносимой в нитрующую смесь хлопковой ваты тем больше степень её нитрации. Практически в нитрующую смесь вносят такое количество ваты, каковое после нитрации и промывки даёт пироксилин нерастворимый в эфире, абсолютном спирте, смеси спирта с эфиром, метиловом спирте, и кристаллической уксусной кислоте, но легко растворимый в ацетоне. Если полученный пироксилин, растворяется в указанных перед ацетоном веществах, то количество нитруемой ваты уменьшают или количество нитрующей смеси увеличивают до удовлетворения полученным пироксилином указанных требований. Пироксилин является наиболее легко получаемым нитропродуктом однако требует тщательной промывки от следов кислот, так как они приводят к его разложению и повышению чувствительности к начальному импульсу, известно, что плохо отмытый от следов кислот пироксилин склонен к взрывам при прессовании, отсюда его старинное название «гремучая вата». Для приготовления пироксилина по несколько иному способу берётся смесь 3 вес.ч. серной кислоты, и 1 вес.ч. азотной кислоты. На 1 вес.ч. нитруемого хлопка берётся 11 вес.ч. нитрующей смеси. Крепость азотной кислоты выбирается исходя из количества азота, которое должно войти в состав нитроклетчатки от 13,9% для пироксилина до 12% для коллодионного хлопка (пироколлодия) идущего на изготовление

бездымных порохов, так как степень нитрования зависит не от продолжительности воздействия нитрующей смеси, а лишь от ее крепости (концентрации). Промывка пироксилина. Отделенный от кислотной смеси пироксилин, промывают в токе горячей воды не менее часа. После этого пироксилин помещают в 5% раствор бикарбоната натрия и кипятят массу в течении 15 минут, после чего опять промывают в горячей воде не менее получаса. После второй промывки пироксилин помещают в 1% раствор бикарбоната натрия, отжимают и высушивают при температуре не более 25-30°C. Даже после тщательной промывки пироксилин может представлять некоторую опасность при хранении, поэтому в процессе кипячения и промывки пироксилин необходимо обрабатывать жомом, для удаления следов кислот из внутренних капилляров волокон пироксилина.

2.2.2.2 Пикриновая кислота

Первая стадия. Получение сульфифенола. В аппарат для сульфирования помещают фенол и нагревают его до плавления около 40°C, затем при перемешивании медленно приливают 98-100% серную кислоту (1 вес.ч. на 1 вес.ч. фенола), слив кислоты производят примерно около часа постепенно повышая температуру так чтобы к концу слива она достигла 100-120°C, после чего выдерживают при этой температуре около часа. Признаком окончания сульфирования служит полная растворимость полученной сульфомассы в воде, нагревание продолжают до тех пор пока взятая проба сульфомассы при разбавлении холодной водой не будет давать мути фенола. Если после достаточно долгого (более часа) нагревания проба дает муть, в сульфомассу добавляют серной кислоты и спустя некоторое время снова берут пробу.

Вторая стадия. Нитрование сульфифенола. В аппарат для нитрации заливают сульфифенол подогретый до 40°C и при постоянном перемешивании очень медленно приливают или прикапывают азотную кислоту плотностью 1,35-1,4 г\см³ в сульфифенол, не допуская повышения

температуры выше 100-120°C (температура регулируется скоростью приливания азотной кислоты). Нитрация может быть осуществлена азотной кислотой крепость 30-33%, в этом случае к полученному сульфофенолу рекомендовано прибавлять перед нагреванием еще 1 вес.ч. серной кислоты и начинать нитрование при более высокой температуре сульфомассы. Количество азотной кислоты необходимое для нитрации составляет около 3 вес.ч. на 1 вес.ч. сульфофенола. Образующаяся в результате нитрации пикриновая кислота при работе с концентрированными кислотами получается в виде сиропообразной маслянистой жидкости (температура в конце нитрации более 122°C), либо при ведении нитрации разбавленной азотной кислотой в виде плотной массы кристаллов заполняющих в конце реакции практически все пространство нитратора. При нитрации сульфофенола выделяется значительное количество бурых паров двуокиси азота которые необходимо отводить из нитратора (отсос, вентиляция). В конце нитрации выделяющиеся окислы азота производят вспучивание нитромассы обладающей повышенной вязкостью вследствие выделения массы кристаллов пикриновой кислоты в объеме нитратора. Для сбивания поднимающейся из нитратора кашеобразной пены необходимо хорошее перемешивание всей массы, что достигается применением мешалки снабженной несколькими лопастями по длине вала. По другому способу проведения второй стадии нитрования сульфофенола, полученный сульфофенол разбавляется двумя объемами воды, азотная кислота в количестве 3 весовых частей на 1 весовую часть сульфофенола (не считая прилитой воды) наливается в аппарат для нитрации, затем к ней при перемешивании медленно приливают сульфофенол. Реакция проходит сравнительно спокойно с небольшим повышением температуры и выделением бурых паров двуокиси азота. И в первом и во втором способе нитрации признаком окончания реакции нитрования служит окончание выделения паров окислов азота при приливании очередной порции азотной кислоты и соответственное прекращение повышения температуры

реакционной массы. Полученная в результате нитрования кристаллическая пикриновая кислота отфильтровывается от раствора отработанных кислот и промывается очень холодной водой, в которой она малорастворима. Окончательная очистка осуществляется растворением пикриновой кислоты в кипящей воде подкисленной азотной кислотой (10-12 грамм азотной кислоты на 1 литр воды), фильтрацией горячего раствора, его охлаждением и последующей фильтрацией выкристаллизовавшейся пикриновой кислоты с последующей сушкой при 60-80°C в течении 2-х часов. Нитрование фенола осуществляется достаточно легко и не требует применения дорогостоящей концентрированной азотной кислоты.

2.2.2.3 Нитроглицерин

Приготовление нитроглицерина является чрезвычайно опасной операцией, которая в настоящее время проводится по методу Нильссона и Брумберга в быстром турбулентном потоке сопловой части инжектора, через который подается нитрующая смесь и глицерин. В данном труде описываются старый метод получения нитроглицерина периодическим способом. Для приготовления нитроглицерина используют исходные материалы очень высокого качества. Глицерин должен быть марки «Ч» или марки «динамитный», кислоты – марки «Ч» и не содержать посторонних примесей и включений. Глицерин не должен содержать более 2% воды. Плотность серной кислоты должна составлять 1,84г/см³, плотность азотной – 1,5г/см³ при крепости не менее 93%. В процессе нитрования глицерина температура нитромассы никогда не должна подниматься выше 25°C, в противном случае возникнет неуправляемая реакция окисления глицерина, а дальнейшее скачкообразное повышение температуры нитромассы вызовет взрыв уже образовавшегося нитроглицерина. Для недопущения подъема температуры выше указанной, аппараты для нитрации глицерина всегда охлаждают снаружи холодной водой с температурой 10-15°C, непрерывно протекающей в рубашке охлаждения. Кроме этого, в аппаратах где

количество нитруемого глицерина превышает 1 килограмм, необходимо устраивать охлаждение помещенным внутри аппарата (в теле нитромассы) змеевиком с проточной холодной водой. Перемешивание нитромассы в процессе нитрации всегда осуществляется по методу Мовбрея барботированием холодным сжатым воздухом. Перемешивание механическими мешалками допускается только в лабораторных условиях, в малых количествах (десятки грамм) и при условии помещения мешалки в центр аппарата нитрации так чтобы она ни в коем случае не имела возможности касаться стенок или дна аппарата. Нитрация глицерина проводится следующим образом. В аппарат при постоянном перемешивании вводится охлажденная до 10-15°C смесь из 1 весовой части азотной кислоты и 2 весовых частей серной кислоты в количестве 8-8,5 весовых частей на 1 весовую часть нитруемого глицерина. После введения нитросмеси медленно вливают глицерин, следя за тем чтобы температура не поднялась выше 25°C. Температура регулируется скоростью прилива глицерина к нитросмеси. Как только температура нитросмеси поднимается выше 20°C, необходимо прекратить прилив глицерина и увеличить расход воздуха на перемешивание. В том случае если температура продолжает повышаться и переходит отметку 25°C, необходимо немедленно утопить нитромассу в 10 кратном (по отношению к массе нитросмеси) количестве воды. Затопление осуществляется одним из следующих способов: нитромассу быстро заливают водой, нитромассу быстро выливают в воду путем опрокидывания аппарата нитрации в окружающую его воду, нитромассу быстро сливают через специальный отвод в воду (последний способ трудно осуществлять достаточно быстро). По окончании слива глицерина в нитрующую смесь, перемешивание воздухом продолжают еще 3 минуты, после чего нитромассу осторожно сливают в аппарат-сепаратор. Весь процесс нитрации не должен продолжаться более 1 часа. Нитромасса, слитая в сепаратор, представляет собой эмульсию нитроглицерина в отработанной нитрующей смеси. В сепараторе нитромасса разделяется на верхний слой отстоя нитроглицерина и

нижний слой отработанной нитросмеси. Операция сепарации продолжается не более 30 минут, в противном случае возможно начало самопроизвольного разложения непромытого отстоя нитроглицерина. В случае повышения температуры в сепараторе выше 25°C нитромассу немедленно топят в воде, аналогично аварийной ситуации при нитрации. Отделившийся верхний слой нитроглицерина осторожно сливают либо методом вытеснения, приливая через отверстие в дне сепаратора отработанную нитрационную смесь, либо сливая нитроглицерин через кран, расположенный несколько выше границы разделения нитроглицерина и отработанной нитросмеси. Нитроглицерин сливают в 2-3-х кратное по отношению к полученному нитроглицерину количество воды. Промывание нитроглицерина. Полученный нитроглицерин требует тщательной промывки, так как плохо промытый продукт склонен к самопроизвольному разложению с повышением температуры и, в следствии этого, возможному взрыву. Промывание нитроглицерина производят холодной водой с температурой 15°C, при промывке берут каждый раз один объем воды на объем НГЦ, промывку производят 3 раза, затем осуществляют промывку 1-3% раствором соды с температурой 25-30°C, 3 раза, берут каждый раз 3 объема раствора на объем НГЦ, затем осуществляют от 10 до 15 промывок водой из расчета 3 объема воды на объем НГЦ, при 3-й и 5-й промывке берется 1% раствор соды. Промывка осуществляется до тех пор пока НГЦ не покажет нейтральную реакцию. Все стадии промывки осуществляются при перемешивании (перебалтывании) сжатым воздухом без применения механических мешалок. После промывки НГЦ испытывается йодкрахмальной бумагой, при этом он должен выдерживать нагрев при 75°C не менее 15 минут, или при 65°C не менее 30 минут без появления на йодкрахмальной бумаге бурого окрашивания на границе смоченной и несмоченной части полоски бумаги. Если НГЦ не выдерживает пробы, то промывку проводят до тех пор, пока не получится стойкий продукт. Необходимо знать, что все работы с НГЦ проводят с крайней осторожностью, в лабораторной практике взрывы НГЦ часто происходили и

присходят от заземления НГЦ в стеклянных кранах, падениях посуды с НГЦ на пол, задевании мешалками стенок и дна аппаратов нитрации и сепарации и промывки, а также при возможных общих и местных перегревах НГЦ особенно в непромытом или плохо промытом виде. Вообще НГЦ является как раз тем ВВ, работа с которым без профессиональных знаний и крайней осторожности, практически всегда заканчивается смертью или тяжелыми увечьями. Даже великий русский химик Д.И. Менделеев получая НГЦ в домашней лаборатории проявлял крайнюю осторожность и при нитрации глицерина возлежал на кровати на толстых ватных матрасах, а рукой опущенной под кровать вливал глицерин в нитрующую смесь!

2.2.2.4 Тринитроксилол

Первая стадия: Получение динитроксилола. В аппарат для нитрации заливают 1 вес. ч. ксилола, нагревают его до 25°C и при непрерывно работающей мешалке медленно, в течении полутора часов приливают нитрационную смесь состоящую из 1,42 вес.ч. азотной кислоты 98%, 4,62 вес.ч. серной кислоты 98%, и 1,06 вес.ч. воды, так, чтобы температура реагирующей массы все время возрастая, к концу слива кислотной смеси поднялась до 40°C. По окончанию слива кислотной смеси медленно в течении часа, нагревают реакцию смесь до 95°C и по достижении этой температуры продолжая перемешивание, дают выдержку в течении часа. По окончании нитрования содержимое аппарата охлаждают до 50°C, и выливают в аппарат для отделения от отработанной нитрующей смеси полученного динитроксилола.

Вторая стадия. Получение тринитроксилола. В аппарат для нитрации помещают 1 вес.ч. динитроксилола полученного в первой стадии процесса, нагревают его до 60°C и медленно при постоянном перемешивании приливают к нему нитрующую смесь состоящую из 1,2 вес.ч. азотной кислоты 98%, и 6,69 вес.ч. серной кислоты 98%. Слив кислотной смеси ведут

в течении часа постепенно повышая температуру до 70°C. Затем содержимое аппарата нагревают в течении часа до 110°C и при этой температуре дают получасовую выдержку. По окончании выдержки содержимое аппарата охлаждают до комнатной температуры и отфильтровывают выделившийся тринитроксилол от отработанной нитрующей смеси. Промывка тринитроксилота производится аналогично промывке тротила с той разницей, что первые две промывки проводят холодной водой по 10 мин. каждой, затем продукт промывают водой, нагретой до 85°C. Таких горячих промывок дают 2-3 в течении 20 мин. каждая. В заключение делают еще 2 холодные промывки. По окончании промывки тринитроксилол отфильтровывают от промывочной воды. Очистку полученного ксилита от ксилитового масла проводят помещая в аппарат с мешалкой ксилит, ксилол, и воду в отношении 1 : 1 : 3 по массе. Массу перемешивают в течении 20-30 мин. при комнатной температуре, после этого кристаллы ксилита отфильтровывают и промывают холодной водой. Очищенный ксилит сушат в течении 6 часов при 60-70°C.

2.2.2.5 Тринитроанизол

Получается нитрованием анизола, или через хлорбензол.

2.2.2.6 Тринитрофенетол. Нитрокрахмал. Тринитрометакрезол.

Тринитрофенилендиамин. Нитрогуанидин.

Тринитрофенетол.

Получается нитрованием фенетола, или через хлорбензол.

Нитрокрахмал.

Также как и пироксилин нитрокрахмал может иметь различную степень нитрации, здесь описывается получение 6-ти азотного нитрокрахмала применяемого как и пироксилин в виде прессованных шашек. В аппарат для нитрации вводят 10 вес.ч. азотной кислоты плотностью 1,5г/см³ , затем при

постоянном перемешивании и охлаждении до 20-25°C, в кислоту медленно присыпают 1 вес.ч. сухого крахмала. Полученный раствор оставляют на 24 часа не допуская подъема температуры выше указанной, затем 220 вес.ч. такого раствора выливают в течении 15 мин. в 600 вес.ч. серной кислоты 98%, образующийся при этом белый осадок оставляют в растворе на полчаса, после чего отфильтровывают и промывают. Содержание азота в полученном нитрокрахмале 13,5%. Получение 4-х азотного нитрокрахмала применяемого для получения бездымных порохов. Раствор крахмала в азотной кислоте приготовленный как описано выше вливается в отработанную нитрационную смесь из производства пироксилина или нитроглицерина. На 100 вес.ч. раствора крахмала в азотной кислоте берут 500 вес.ч. отработанной нитрующей смеси. Очистка нитрокрахмала полученного всеми способами производится его промывкой в течении 24-х часов 5% раствором соды, затем для придания стойкости промытый нитрокрахмал пропитывается раствором анилина в соответствующем растворителе и высушивается при 40°C.

Тринитрометакрезол.

Получается аналогично пикриновой кислоте из m-крезола.

Тринитрофенилендиамин.

Получается нитрованием 1,3-фенилендиамина.

Нитрогуанидин.

Первая стадия. Получение цианамида. Кусковой кальций цианамид в количестве 200 вес.ч. дробят, добавляют 200 вес.ч. воды и перемешивают массу до полного растворения. В полученный раствор пропускают струю углекислого газа до прекращения выделения углекислого кальция. Осадок промывают на фильтре небольшим количеством воды, и промывную воду присоединяют к основной порции фильтрата. Вторая стадия. Полимеризация цианамида. К полученному по первой стадии фильтрату добавляют насыщенный раствор гидроокиси кальция, так чтобы раствор стал слабощелочной, подщелоченный раствор нагревают до 78-80°C и при этой температуре выдерживают 20 мин. Затем раствор в горячем состоянии

фильтруют, фильтрат охлаждают до 15-20°C (чем ниже температура тем больше выход). Выпавшие из раствора кристаллы дициандиамида фильтруют и сушат при 130-132°C в течении 30-40 мин. Третья стадия. Получение гуанидиннитрата. В аппарат помещают 42 вес.ч. дициандиамида и нагревают на бане до 160-170°C. В другом аппарате расплавляют 80 вес.ч. аммиачной селитры нагревая ее до 160-170°C, затем расплав селитры приливают к дициандиамиду. Смесь нагревают до 200°C и при этой температуре выдерживают 20 мин. Затем полученную массу выливают в 200 вес.ч. теплой (30-40°C) воды. Вода при этом нагревается а расплавленная масса растворяется. Полученный раствор быстро охлаждают до комнатной температуры. Выделившиеся кристаллы гуанидиннитрата отфильтровывают и сушат при температуре 90-100°C в течении 30-40 мин. Четвертая стадия. Дегидратация гуанидиннитрата в нитрогуанидин. В аппарат с термометром и мешалкой, заливают 180 вес.ч. серной кислоты 98% и нагревают до 30°C. К кислоте при перемешивании и температуре 25-30°C присыпают 60 вес.ч. сухого нитрата гуанидина. После окончания присыпки всего количества нитрата гуанидина, при температуре 30-32°C реакционной смеси дают 10 мин. выдержки. Далее смесь выливают в 1000 вес.ч. холодной воды, выпавшие кристаллы отфильтровывают и промывают 2-3 раза водой с температурой 5-10°C до исчезновения реакции на серную кислоту (хлористый барий). Воды при промывке берут как можно меньше и холоднее, так как нитрогуанидин хорошо растворим в воде. Влажный нитрогуанидин перекристаллизовывают с добавкой на 100% воды, 0,05% сульфата аммония или нитрата мочевины, в противном случае кристаллы нитрогуанидина имеют очень низкую гравиметрическую плотность. Полученный нитрогуанидин сушат при 90-100°C в течении 30 мин.

2.2.2.7 Нитромочевина

Нитромочевина. Нитромочевину получают из нитрата мочевины образующейся при взаимодействии 1 вес. ч. мочевины и 1,1 вес. ч. азотной

кислоты плотностью 1,5 г/см³. В аппарат для получения нитромочевины наливают 64,5 вес.ч. серной кислоты 98%, охлаждают ее до температуры не выше -3°C, затем при постоянном перемешивании небольшими порциями присыпают к кислоте 10 вес.ч. сухого нитрата мочевины, так чтобы температура реакционной смеси не превышала 0°C. После присыпки всего количества нитрата мочевины перемешивание продолжают еще 30 мин. при температуре не выше 3°C. Затем реакционную смесь выливают в 50 вес.ч. колотого льда, выпавший осадок нитромочевины отфильтровывают, отжимают и промывают небольшим количеством холодной (5-10°C) воды. Из маточного раствора при дальнейшем охлаждении выпадает еще некоторое количество кристаллов, которые отжимают и промывают как описано выше. Полученную нитромочевину сушат при температуре не выше 100°C. При получении нитромочевины строго соблюдают указанные температурные режимы, поскольку превышение указанных предельных температур приводит к резкому снижению выхода конечного продукта.

2.2.2.8 Нитрат триаминогуанидина

Получается из нитрата гуанидина, гидразингидрата и воды, либо из цианамиды, нитрата гидразина и гидразингидрата при нагревании их в течении 4-х часов и последующим охлаждением.

2.2.2.9 ДНПМТА. ЦТМТНА. Тринитробензол. Тринитрорезорцин.

Бистринитроэтиламин. Бистринитроэтилнитрамин. Перхлорат гуанидина. Перхлорат триаминогуанидина. Перхлорат гидроксиламмония. Перхлорат гидразина. Тринитрометан.

Гексонитроэтан

ДНПМТА

Получается сливанием водного раствора уротропина содержащего 140 вес.ч. последнего, с добавкой уксусной кислоты до рН раствора =3-4, и

водного раствора 400 вес.ч. нитрита натрия. Температура обоих растворов перед их сливом не должна превышать 8°C. При снижении рН раствора, или применении вместо уксусной кислоты других минеральных кислот возможно образование наряду с ДНПМТА также и ЦТМТНА. Выделение ДНПМТА происходит при рН=4,5-4,6 раствора, выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой а затем ацетоном. Продукт высушивается при температуре не выше 60°C.

ЦТМТНА.

Получается быстрым сливанием водного раствора уротропина содержащего 140 вес.ч. последнего и 245 вес.ч. серной кислоты, с раствором 425 вес.ч. нитрита натрия в воде. Температура обоих растворов перед сливом должна быть не выше 0-5°C. Кислотность раствора уротропина и серной кислоты должна быть не более рН =1, снижение кислотности направляет реакцию в сторону образования ДНПМТА. Выпавший в результате реакции осадок отфильтровывают, промывают до нейтральной реакции и сушат при 60°C. Вместо серной кислоты применяют также азотную кислоту.

Тринитробензол.

Получается нитрованием динитробензола (см.) смесью концентрированных серной и азотной кислот при нагревании, аналогично тринитротолуолу (см.).

Тринитрорезорцин.

См. получение тринитрорезорцината свинца (инициирующие ВВ).

Бистринитроэтиламин.

К раствору 18,1 вес.ч. тринитроэтилового спирта (см.) в 50 вес.ч. воды, добавляют 4,25 вес.ч. аммиак в виде 20% водного раствора (пересчет). Через несколько минут начинается выпадение желтого осадка. Реакционную смесь выдерживают 24 часа при 0°C, затем отфильтровывают осадок и промывают его водой. Полученный таким образом бистринитроэтиламин можно перекристаллизовать из хлороформа. Хранить и тем более сушить продукт при повышенной температуре запрещается так как бистринитроэтиламин

имеет низкую термическую стойкость и может при повышении температуры разлагаться со взрывом. Сушка продукта проводится при комнатной температуре.

Бистринитроэтилнитрамин.

К безводной азотной кислоте при энергичном перемешивании присыпают 7,2 весовых части бистринитроэтиламина, поддерживая температуру 55°C. Реакционную смесь перемешивают в течении часа и выливают в воду. Осадок отфильтровывают и подвергают перекристаллизации из четыреххлористого углерода.

Перхлорат гуанидина

Получается из хлорида гуанидина и перхлората натрия.

Перхлорат триаминогуанидина.

Получается гидразинолизом перхлората аминагуанидина.

Перхлорат гидроксиламмония.

Получается реакцией перхлората бария и гидрохлорида гидроксиламмония в абсолютном этиловом спирте. По другому способу получается взаимодействием перхлората бария и сульфата гидроксиламина в водном растворе, из которого в результате реакции выпадает осадок сульфата бария. Осадок отфильтровывают а раствор упаривают на бане до начала кристаллизации перхлората гидроксиламмония.

Перхлорат гидразина.

Получается титрованием 85% раствора гидразингидрата до конечной рН =3,2 хлорной кислотой 48%. По другому способу перхлорат гидразина получается нейтрализацией 60% хлорной кислоты, 75% раствором гидразина в воде. В первом случае перхлорат гидразина высаживается из раствора приливанием одного объема такого раствора к 5-ти объемам пропанола-2 при 0°C, во втором случае соль осаждается из воды при 0°C, и отфильтровывается от раствора.

Тринитрометан.

Первая стадия. Получение калиевой соли тринитрометана. В аппарат наливают 24 вес. ч. спирта, 10 вес. ч. воды и добавляют 5 вес. ч. твердого едкого калия. Затем при интенсивном перемешивании и температуре 28–30°C к полученному раствору приливают капельным способом 10 вес. ч. тетранитрометана (см.). После слива всего количества тетранитрометана смесь выдерживают при перемешивании и указанной температуре до исчезновения запаха тетранитрометана (около 30 минут). Образовавшиеся кристаллы калиевой соли тринитрометана отфильтровывают под вакуумом и промывают 2 раза водой (по 50 вес. ч.) Вторая стадия. Получение тринитрометана из калиевой соли. В аппарат заливают 50 вес. ч. 80% серной кислоты и при перемешивании поддерживая температуру 25–28°C, небольшими порциями вносят в серную кислоту полученные влажные кристаллы калиевой соли. Желтые кристаллы при этом обесцвечиваются, а образовавшийся тринитрометан отделяют от отработанной кислоты.

Гексонитроэтан.

Получается из бромпикрина и нитрата натрия с последующей обработкой концентрированной азотной кислотой.

2.2.3 Жидкие взрывчатые вещества

2.2.3.1 Нитроглицоль

Для получения нитроглицоля применяется этиленгликоль марки «динамитный», которого берут 20 весовых частей на 100 весовых частей нитрующей смеси состава 50% азотной кислоты крепостью 95...98% и 50% серной кислоты крепостью 98%. Нитрация этиленгликоля ведется на оборудовании и по технологии (температурные и пр. условия) для получения нитроглицерина (см.). Сепарация нитроглицоля производится так же, как сепарация нитроглицерина с той разницей, что отсепарированный нитроглицоль принимают в емкость с 2-х кратным количеством холодной

воды, причем вследствие меньшей по сравнению с нитроглицерином вязкости нитрогликоля сепарация проходит быстрее чем у нитроглицерина. Промывка нитрогликоля. Производится так же, как и нитроглицерина, с тем отличием, что используют только холодные промывные жидкости вследствие большой летучести нитрогликоля. Промывную жидкость на каждую промывку берут в количестве равном количеству нитрогликоля по объему. Промытый нитрогликоль фильтруют через фильтр. Получение нитрогликоля представляет большую опасность, однако меньшую чем получение нитроглицерина.

2.2.3.2 Тетранитродиглицерин. Нитрометан

Тетранитродиглицерин

Получается нитрованием диглицерина.

Нитрометан.

В аппарат для нитрования снабженным прямым холодильником помещают 210 вес.ч. нитрата натрия, 10 вес. ч. безводного карбоната калия, 180 вес. ч. дистиллированной воды. Смесь вещества нагревают при постоянном перемешивании до 60°C. К полученному раствору в течении 15 минут крайне медленно приливают 136 вес. ч. диметилсульфата при перемешивании поддерживая температуру 58–60°C, охлаждение производят ледяной водой. Через 1–2 минуты по окончании слива диметилсульфата температура самопроизвольно падает, и с этого момента содержимое аппарата начинают нагревать на масляной бане. Перегонка начинается при температуре паров 30°C, основная часть перегоняется при 83–86°C, затем температура поднимается до 100°C когда в приемник начинает переходить вода без масла (нитрометана). Если выход хотят увеличить проводят вторую стадию. Когда температура в аппарате достигнет 110°C, на стенках начинает кристаллизоваться соль, и появляется пена, чтобы уменьшить вспенивание, в этот момент в аппарат добавляют 2 вес. ч. касторового масла. При

температуре 116–117°C начинается вторая стадия реакции, жидкость в аппарате имеет вид вязкого масла, но достижение указанной температуры начинают по каплям добавлять 100 вес. ч. дистиллированной воды, так чтобы температура находилась в интервале 117- 120°C. Продолжительность слива воды около 30 минут. Момент окончания реакции фиксируется по виду жидкости конденсирующейся в холодильнике, а также по температуре паров 100-100,5°C. Дистиллят состоит из двух слоев, нижний насыщенный раствор воды в нитрометане, верхний водный раствор нитрометана. Очистку нитрометана производят в ректификационной колонне. Вторая стадия является более опасной чем первая, поэтому рекомендуется заканчивать процесс получения нитрометана на первой стадии. Получение нитрометана другим способом. В 5 вес. ч. хлоруксусной кислоты добавляют 10 вес. ч. снега или толченого льда. Затем емкость с указанной смесью помещают в ледяную воду и понемногу всыпают в смесь 5 вес. ч. бикарбоната натрия при перемешивании пенящейся смеси. По окончании вспенивания добовляют к смеси раствор 10 вес. ч. нитрата натрия в 6 вес. ч. воды и снова перемешивают. Полученную смесь начинают перегонять, при этом смесь сначала чернеет и сильно пенится, при этом отгоняется вода и масло (нитрометан). Отгонку заканчивают когда в приемник начинает переходить вода без масла. Для осушения нитрометана его обрабатывают безводным хлоридом кальция и повторно перегоняют.

2.2.3.3 Тетранитрометан

В реактор заливают 200 вес. ч. 95–98% азотной кислоты и добавляют к ней 6 вес. ч. азотнокислой ртути. В другой аппарат помещают 104 вес. ч. свежеприготовленного кускового карбида кальция, и начинают приливать к нему воду. Образующийся ацетилен пропускают для осушения через концентрированную серную кислоту, а затем через расходомер в реактор с азотной кислотой. Температуру в реакторе поддерживают в пределах 30–

40°C. Ацетилен подают в реактор со скоростью 100–200 мл/мин, со дна реактора, при постоянном быстром перемешивании. Пропускание ацетилена продолжают 2-3 часа. По окончании пропускания всего количества ацетилена (израсходование карбида кальция) реакционную смесь переносят в аппарат снабженный обратным холодильником и туда же добавляют 400 вес. ч. купоросного масла (концентрированной серной кислоты). Полученную нитромассу выдерживают 1 час на кипящей водяной бане, охлаждают до 20°C и выливают в пятикратное количество воды. Образовавшийся тетранитрометан отделяют от отработанной кислоты, сушат хлористым кальцием и фильтруют.

2.2.3.4 Метилнитрат

В аппарат заливают 6,3 вес. ч. нитрующей смеси состоящей из 40% азотной кислоты плотностью 1,4 г/см³ и 60 % серной кислоты крепостью 98%. Смесь охлаждают до 0–10°C и при интенсивном перемешивании капельным способом добавляют 1 вес. ч. метилового спирта следя за тем чтобы температура не поднималась выше указанной. Сепарация метилнитрата проводится так же как сепарация нитроглицерина. Отдельный от кислотной смеси метилнитрат промывают холодной водой и 4% раствором карбоната натрия. Из-за высокой чувствительности метилнитрат употребляют в виде 72–75% раствора в метиловом спирте называемом мироль.

2.2.3.5 Этилнитрат. Тринитроэтиловый спирт. Тринитромасляная кислота

Этилнитрат.

Получается взаимодействием этилового спирта с концентрированной азотной кислотой, или нитрующей смесью как и метилнитрат

Тринитроэтиловый спирт.

В аппарат снабженный обратным холодильником помещают 160 вес.ч. четыреххлористого углерода, 2,2 вес.ч. тринитрометана, и 0,45 вес.ч. параформальдегида (либо эквивалентное в пересчете на формальдегид количество 40% формалина). Полученную суспензию нагревают 3 часа при 60-65°C с постоянным перемешиванием, а затем выдерживают 30 мин. при температуре кипения смеси. По окончании выдержки реакционную смесь концентрируют, так чтобы ее объем уменьшился в 3 раза по сравнению с первоначальным, затем охлаждают смесь из которой выпадает в осадок тринитроэтиловый спирт в виде длинных игл. Тринитроэтиловый спирт отделяют от маточного раствора фильтрованием. Дальнейшее концентрирование маточника дает дополнительное количество тринитроэтилового спирта.

Тринитромасляная кислота.

В аппарат помещают 15,1 вес.ч. тринитрометана в двукратном количестве воды и при постоянном перемешивании добавляют в один прием 80 вес.ч. акриловой кислоты. Через несколько минут температура реакционной массы поднимается до 60°C, жидкость мутнеет, и в ней появляется тяжелое масло красноватого цвета. Смесь охлаждают до 0°C, отфильтровывают образовавшийся осадок и промывают его ледяной водой от не вступившего в реакцию тринитрометана, пока промывная вода не перестанет окрашиваться в желтый цвет. Фильтрат можно переэкстрагировать эфиром для получения дополнительного количества тринитромасляной кислоты.

2.2.3.6 Метилловый эфир тринитромасляной кислоты

В аппарат помещают 0,5 моля калиевой соли тринитрометана и 550 мл. воды. При энергичном перемешивании капельным способом приливают в течении 1 часа 1,5 моля алкилакрилата, поддерживая температуру 35-45°C.

Продолжают перемешивание при этой температуре еще 3 часа, затем реакционную смесь экстрагируют эфиром, вытяжки обрабатывают активированным углем, а затем испаряют эфир. Остаток перегоняют под вакуумом.

2.2.3.7 Тринитроэтиловый эфир тринитромасляной кислоты

Первая стадия. Получение хлорангидрида тринитромасляной кислоты. В аппарат с обратным холодильником помещают 22,3 вес. ч. тринитромасляной кислоты и 3,7 вес. ч. свежеперегнанного хлористого тионила. Смесь кипятят до тех пор, пока не прекратится газовыделение (около 4 часов). Затем отгоняют избыток хлористого тионила под вакуумом. Остаток представляет собой хлорангидрид тринитромасляной кислоты. Вторая стадия. Получение тринитроэтилового эфира тринитромасляной кислоты. В аппарат с обратным холодильником помещают 24 вес. ч. хлорангидрида тринитромасляной кислоты, 44 вес. ч. сухого бензола, 18,1 вес. ч. тринитроэтилового спирта и 3,7 вес. ч. концентрированной серной кислоты. Полученную смесь кипятят до тех пор, пока перестанет выделяться хлористый водород (около 8 часов). Затем содержимое аппарата охлаждают до 10°C, отфильтровывают осадок и промывают его водой. Бензольный фильтрат концентрируют испарением бензола и получают дополнительное количество тринитроэтилового эфира тринитромасляной кислоты. Сушка продукта производится при температуре не выше 60°C.

2.2.4 Нитрополимеры

2.2.4.1 Нитроэтилен

Первая стадия. Получение нитроэтанола. В аппарат помещают суспензию 25 г. параформа в 500 мл. нитрометана. При постоянном перемешивании к суспензии капельным способом приливают 3 Н. раствор едкого калия в метиловом спирте до получения рН равного 6-8, при этом

параформ начинает растворяться и получается прозрачный раствор (необходимо не более 3 мл. раствора щелочи). Смешение сопровождается ростом температуры до 30-35°C. После полного растворения продолжают выдержку в течении получаса, затем в раствор добавляют 0,2 мл. концентрированной серной кислоты (рН должен быть равен 4 и не изменяться в течении часа). Отфильтровывают выпавший сульфат калия, маточник переносят в колбу Кляйзена и отгоняют в вакууме водоструйного насоса при температуре бани не выше 50°C, оставшийся нитрометан (около 400 мл.) в колбу охлаждаемую льдом. Полученный в остатке желтый продукт смешивают с равным по весу количеством дифенилового эфира, и перегоняют продукт под вакуумом (0,1 мм. рт. ст.). Первую фракцию (нитрометан) кипящую при 29-33°C (0,1 мм.рт.ст.), собирают в приемник охлаждаемый смесью ацетона с сухим льдом. Затем при 54-57°C (0,1 мм.рт.ст.) перегоняется смесь нитроэтанола и дифенилового эфира (температура бани не выше 88°C). Как только температура паров начнет быстро повышаться, нагревание прекращают, остаток охлаждают до комнатной температуры и только после этого отключают вакуум. Отделяют нижний слой нитроэтанола от дифенилового эфира. Затем экстрагируют петролейным эфиром или n-гексаном дифениловый эфир из нитроэтанола. Нитроэтанол нельзя перегонять без добавления дифенилового эфира, так как при перегонке может произойти взрыв, следует опасаться взрыва и в конце перегонки, особенно при отключении вакуума. Вторая стадия. Получение нитроэтилена. В колбе с короткой колонкой смешивают 100 грамм нитроэтанола со 180 граммами фталевого ангидрида и выдерживают при температуре 140-150°C и давлении 80 мм. рт. ст. до образования гомогенной массы. Затем температуру повышают и до конца отгонки поддерживают на уровне 170-180°C. Дистиллят сушат хлористым кальцием и разгоняют в вакууме. Получают желтую массу нитроэтилена.

2.2.4.2 Нитрополиэтилен

В аппарат помещают 50 весовых частей воды и при энергичном перемешивании добавляют по каплям 5 весовых частей нитроэтилена. Температуру реакционной смеси поддерживают в интервале 15-20°C. По мере протекания реакции полимеризации твердый нитрополиэтилен выпадает в осадок. После получасовой выдержки осадок отфильтровывают, промывают водой и сушат при температуре 60°C.

2.2.4.3 Тринитроэтилакрилат

В аппарат с обратным холодильником помещают 40 весовых частей четыреххлористого углерода, 18,1 весовых частей тринитроэтилового спирта и 10 весовых частей хлорангидрида акриловой кислоты. Полученную смесь кипятят до тех пор пока не перестанет выделяться хлористый водород (около 3 часов). Затем отгоняют четыреххлористый углерод в вакууме водоструйного насоса, а остаток в высоком вакууме.

2.2.5 Взрывчатые вещества пониженной мощности

2.2.5.1 Динитронафталин

Первая стадия. Получение мононитронафталина. В аппарат вносят 3 весовых части концентрированной азотной кислоты и при постоянном помешивании вносят 0,5 весовой части нафталина, затем температуру повышают до 70-80°C и выдерживают ее от 5 до 15 минут. После окончания выдержки реакционная смесь выливается в четырехкратное количество холодной воды, при этом мононитронафталин выделяется в виде быстро застывающего оранжевого масла. По другому способу мононитронафталин получается взаимодействием нитрующей смеси, состоящей из 200 весовых частей азотной кислоты 30% концентрации, 200 весовых частей серной кислоты 98% концентрации и 250 весовых частей нафталина, который

добавляется в нитрующую смесь малыми порциями при постоянной работе мешалки. Температура поддерживается на уровне 50-70°C, процесс продолжается от 2 до 12 часов. После выдержки и охлаждения нитромассы, отработанную кислотную смесь сливают с затвердевшего моонитронафталина. Вторая стадия. Получение динитронафталина. В аппарат для нитрации помещают нитрующую смесь, состоящую из 190 весовых частей азотной кислоты 30% концентрации и 250 весовых частей серной кислоты 98% концентрации. Смесь нагревают до 30-40°C и при постоянном перемешивании медленно приливают к ней 173 весовых части расплавленного моонитронафталина, затем при температуре 120-150°C нитромассу выдерживают 1 час, после чего охлаждают и отфильтровывают выделившийся динитронафталин. Полученный продукт, содержащий моонитро и тринитронафталин, расплавляют и выливают в холодную воду для очистки от основной массы остатков кислотной смеси. При проведении выдержки с температурой выше 150°C динитронафталин получается в расплавленном состоянии. По другому способу динитронафталин получают следующим образом. В аппарат для нитрования загружают 3 весовых части азотной кислоты 70% концентрации и 1 весовую часть моонитронафталина. Содержимое аппарата нагревают до 30°C и начинают медленно, в течении часа, приливать 1,19 весовых частей азотной кислоты 90% концентрации, постепенно поднимая температуру до 45°C. Вместо азотной кислоты допускается применение меланжа в количестве полученном пересчетом на азотную кислоту. После окончания прилива при этой температуре, делают получасовую выдержку. Далее содержимое аппарата охлаждают до 20°C и отфильтровывают кристаллы динитронафталина от отработанной кислоты.

3 КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ВВ

А-3 – ВВ повышенной мощности. Состав: 91% гексогена, 9% воска.

Азид свинца – см. иницирующие ВВ.

Акванит – см. АСВВ.

Акватол – см. АСВВ.

Аммиачная селитра – то-же что аммония нитрат.

Аммиачный динамит – состав: 16% нитроглицерина, 0,1% нитроклетчатки, 60% нитрата аммония, 8,9% угля.

Аммонал – см. АСВВ.

Аммонит – см. АСВВ.

Аммония нитрат – см. ВВ пониженной мощности.

Аммония перхлорат – см. ВВ пониженной мощности.

Амонжелит – см. динамиты, нитроглицерин.

Анергит – см.

Антигризутные ВВ – см. нитроглицерин.

АСВВ – аммиачно-селитренные ВВ.

АСЖГ – смесевое ВВ, состоящее из 94% гранулированного нитрата аммония и 6% дизельного топлива. См. АСВВ.

Астролит – жидкое ВВ повышенной мощности.

Ацетона перекись – см. иницирующие ВВ.

Баратол – состав: 60% нитрата бария, 40% тротила.

Беллит – см. АСВВ.

Бистринитроэтилами – см.

Бистринитроэтилмочевина – см. ВВ повышенной мощности.

Бистринитроэтилнитрамин – см.

Болотный пироксилин – см. суррогатные ВВ.

БЭМ – то-же что бистринитроэтилмочевина.

Галеит – см. ЭДНА.

Гексанитродифениламин – то-же что гексил.

Гексил – см. ВВ повышенной мощности.

Гексоген – см. ВВ повышенной мощности.

Гексонитроэтан – см.

Гексотол – см. гексоген.

Гельгофит – смесь состава: 28% нитробензола и 72% азотной кислоты. См. жидкие ВВ.

Гидразина нитрат, динитрат – см.

Гидроксиламмония перхлорат – см. перхлорат гидраксиламмония.

Гликольдинитрат – то-же что нитрогликоль.

Голтекс – ВВ повышенной мощности. Состав: 36% нитроглицерина, 40% нитроклетчатки, 20% ТЭНА, 4% пластификатора.

Гомма А, В – см. динамиты.

Гремучая вата – см. пироксилин.

Гремучая ртуть – см. иницирующие ВВ.

Гремучий студень – см. динамиты, нитроглицерин.

Гризуниты – мощные динамиты, применяющиеся для дробления горных пород.

Грубеит – см. суррогатные ВВ.

Гуанидина диперхлорат, моноперхлорат, перхлорат – см.

Гуммидинамит – см. динамиты, нитроглицерин.

Гурдинамит – см. динамиты, нитроглицерин.

Гурит – см. динамиты, нитроглицерин.

Водонаполненные ВВ – см. АСВВ.

ДДНФ – см. diazodinitrophenol.

Детонит – см.

Диазодинитрофенол – см. иницирующие ВВ.

Диаминодинитробензол – редкоупотребимое ВВ.

Диаминотринитробензол – см. ВВ нормальной мощности.

Дигликольдинитрат – см. нитрогликоль.

Дизекайт-13 – см. жидкие ВВ.

Диксдинамит – состав: 51% нитроглицерина, 0,9% нитроклетчатки, 38% нитрата аммония, 10% торфа.

ДИНА – см. диэтанолнитратнитрамин.

Динамиты – см. нитроглицерин.

Динамон – см. динамиты.

Динитроанилин – см.

Динитробензол – см. ВВ пониженной мощности.

Динитроглицоль – см. нитроглицоль.

Динитроглицерин – см. получение нитроглицерина, ВВ пониженной мощности.

Динитрозопентаметилентетрамин – см. ВВ нормальной мощности.

Динитрокрезол – см.

Динитронафталин – см ВВ пониженной мощности.

Динитротолуол – см. получение тротила. ВВ пониженной мощности.

Динтрофенилгидразин – см.

Динитрофенол – см. получение пикриновой кислоты. ВВ пониженной мощности.

Диэтанолнитратнитрамин – см. ВВ повышенной мощности.

Диэтиленглицольдинитрат – то-же что диглицольдинитрат.

ДНПМТА – то-же что динитрозопентаметилентетрамин.

Донарит – см. динамиты.

ДТБ – то-же что диминотринитробензол.

Желатин-динамит – см. гремучий студень, динамиты, нитроглицерин.

Желигнит -- см. динамиты, нитроглицерин.

Желигноль -- динамит желатинированный нитроглицерином. См. динамиты, нитроглицерин.

Жизнеспособность ВВ -- см. оксиликвиты.

Зерногранулит -- см. АСВВ.

Игданит -- см. АСВВ.

Изопропилнитрат -- см.

Иматрекс -- см.

ИПН -- то-же что изопропилнитрат.

Канальный эффект --

Коллоксилин -- см. пироксилин, нитроклетчатка.

Коллохлор -- см. суррогатные ВВ.

Крезилит -- то-же что тринитрометакрезол, шимозе.

Ксиллил -- то-же что тринитроксилол.

Ксилиловое масло -- см. тринитроксилол.

Ксилоидин -- то-же что нитрокрахмал.

Лиддит -- то-же что пикриновая кислота.

Маннитгексанитрат -- то-же что нитроманнит.

Меленит -- то-же что пикриновая кислота.

Метилнитрат -- см. жидкие ВВ.

Мироль -- то-же что метилнитрат.

Мононитротолуол -- см. получение тротила.

Моноперхлорат гуанидина -- то-же что гуанидина перхлорат.

Набит -- см. АСВВ.

НГЛ -- нитрогликоль.

НГЦ -- нитроглицерин.

НДГЛ -- то-же что диэтиленгликольдинитрат.

Нитрат -- см. АСВВ.

Нитрат аммония -- см. ВВ пониженной мощности, АСВВ.

Нитрат гидразина -- см.

Нитрат триаминогуанидина -- см.

Нитрогликоль -- см. жидкие ВВ.

Нитроглицерин -- см. ВВ повышенной мощности.

Нитрогуанидин -- см. ВВ нормальной мощности.

Нитродигликоль -- см. жидкие ВВ.

Нитродициандианидин -- см.

Нитрозил перхлорат -- см.

Нитрокарбол -- то-же что нитрометан.

Нитроклетчатка -- то-же что пироксилин.

Нитрокрахмал -- см. ВВ нормальной мощности.

Нитролеум -- от-же что нитроглицерин.

Нитролит -- см. АСВВ.

Нитроманнит -- см. ВВ повышенной мощности.

Нитрометан -- см. жидкие ВВ.

Нитромочевина -- см. ВВ нормальной мощности.

Нитрония перхлорат -- см. перхлорат нитрония.

Нитропропан -- см. жидкие ВВ.

Нитроэтанол -- см. нитроэтилен.

Нитроэтилен -- см. ВВ пониженной мощности, нитрополимеры.

Нитроформ -- то-же что тринитрометан.

Оксиликвит -- см. причие ВВ.

Оксонит -- см. жидкие ВВ.

Октоген -- то-же что циклотетраметилентетранитроамин.

Октол -- см. октоген. Сплав 77% октогена с 23% тротила.

Панкластит -- см. жидкие ВВ.

Пентаэритриттетранитрат -- см. ВВ повышенной мощности.

Пентаэритриттринитрат -- см.

Пентолит -- см. ТЭН.

Пентринит -- см. ТЭН.

Перекись трициклоацетона -- то-же что перекись ацетона. См. иницирующие ВВ.

Перхлорат аммония -- см. ВВ пониженной мощности.

Перхлорат гидроксиламония -- см.

Перхлорат гуанидина -- то-же что гуанидина перхлорат.

Перхлорат нитрония --см.

Перхлорат триаминогуанидина -- см.

Перхлоратиты -- см. ВВ пониженной мощности.

Петрин -- то-же что пентаэритриттринитрат.

Пикрамид -- то-же что тринитроанилин.

Пикриновая кислота -- то-же что тринитрофенол.

Пироксилин -- см. ВВ нормальной мощности.

Пиронит -- Смесь гексила с тетрилом, применялась для снаряжения морских торпед.

Пластит -- см. гексоген. Например, смесь: 75% гексогена, 4,8% динитротолуола, 3,2% моонитротолуола и ряда добавок.

Победит -- см. динамиты, нитроглицерин.

Полужелатин -- состав: 18% нитроглицерина, 0,3% нитроклетчатки, 66% аммиачной селитры, 7% нитрата натрия, 9,7% угля.

Полярный аммонжелигнит -- пластичное ВВ, содержащее 26% нитроглицерина, 1% нитроклетчатки, 52% аммиачной селитры, 12% нитрата натрия, 9% угля.

Полярный динамит -- см. динамиты, нитроглицерин.

Потентит -- см. суррогатные ВВ.

Предохранительные ВВ -- см. нитроглицерин.

Приллит -- см. АСВВ.

Пропилнитрат -- см.

Рекарок -- см.

Рексит -- см. динамиты, нитроглицерин.

Реолит -- водонаполненное ВВ, содержащее 55% нитрата аммония.

Робурит -- см.

Семтекс -- см. гексоген.

Сикрит -- см. суррогатные ВВ.

Скальный динамит -- см. динамиты, нитроглицерин.

Смеси Шпренгеля -- то-же что Шпренгеля смеси.

Составы «В» -- состав: 60% гексогена, 40% тротила, 1...1,5% флегматизатора (сверх 100%. См. гексоген.

Состав «С» --

Составы Фавье -- см. суррогатные ВВ.

Стабилит -- см. динамиты, нитроглицерин.

Стартекс -- ВВ, содержащее 60% БЭМ.

Стифнат свинца -- то-же что тринитрорезорцинат свинца.

стифниловая кислота -- то-же что тринитрорезорцин.

сточный пироксилин -- см. суррогатные ВВ.

ТАБ -- см. тринитроазидобензол.

ТГ -- сплав тротила с гексогеном. См. гексоген.

ТГА -- сплав тротила, гексогена и алюминиевой пудры. Например: 40% тротила, 42% гексогена, 185 алюминиевой пудры, 0,7% флегматизатора (сверх 100%).

ТД -- сплав 50...60% динитронафталина с тротилом.

Тенерес -- то-же что тринитрорезорцинат свинца.

Тетразен -- см. иницирующие ВВ.

Тетранитродиглицерин -- см.

Тетранитрометан -- см. жидкие ВВ.

Тетранитрометиланилин -- то-же что тетрил.

Тетранитропентаэритрит -- см. ВВ повышенной мощности.

Тетрил -- см. ВВ повышенной мощности.

Тетритол -- сплав тетрила с тротилом.

ТНК -- см. тринитроксилол.

ТНМ -- то-же что тетранитрометан.

ТНРС -- то-же что тринитрорезорцинат свинца.

ТНТ -- то-же что тринитротолуол.

Тол -- то-же что тринитротолуол.

Толит -- то-же что тринитротолуол.

Тонит -- см. суррогатные ВВ.

Торпекс -- то-же что ТГА.

Триален -- то-же что ТГА.

Триаминотринитробензол -- см. ВВ повышенной мощности.

Триметиллоэтантринитрат -- см.

Тринитроазидобензол -- см.

Тринитроанизол --см.

Тринитроанилин -- см. ВВ пониженной мощности.

Тринитробензол -- см.

Тринитроксиллол -- см. ВВ нормальной мощности.

Тринитромаслянная кислота -- см.

Тринитрометакрезол -- см. ВВ нормальной мощности.

Тринитрометан -- см. ВВ нормальной мощности.

Тринитрометилловый эфир тринитромаслянной кислоты -- см. ВВ нормальной мощности.

Тринитронафталин -- см.

Тринитрорезорцин -- см. иницирующие ВВ, получение тринитрорезорцината свинца.

Тринитрорезорцинат свинца -- см. иницирующие ВВ.

Тринитротолуол -- см. ВВ нормальной мощности.

Тринитрофенетол -- см. ВВ нормальной мощности.

Тринитрофенилендиамин -- см.

Тринитрофенилметилнитроамин -- то-же что тетрил.

Тринитрофенол -- см. ВВ нормальной мощности.

Тринитроэтилакрилат -- см. ВВ пониженной мощности, нитрополимеры.

Тринитроэтиловый спирт -- см.

Тринитроэтиловый эфир тринитромаслянной кислоты -- см. ВВ нормальной мощности.

Тритонал -- сплав тротила с алюминиевой пудрой.

Трициклоацетона перекись -- см. иницирующие ВВ.

Триэтиленгликольдинитрат -- см.

Тротил -- то-же что тринитротолуол.

Тротил -- см. АСВВ.

Тропиловое масло -- см. получение тротила.

ТТБ -- то-же что триаминотринитробензол.

ТЭН -- то-же что тетранитропентаэритрит.

Тюрпена ВВ -- то-же что панкластит.

Фавье составы -- то-же что составы Фавье.

Фульминат ртути -- то-же что гремучая ртуть.

Цементит -- хлоратное ВВ пониженной мощности. См. иные ВВ.

Центролит -- диэтилдифенилмочевина, стабилизатор для пироксилина и бездымных порохов.

Циклонит -- см. гексоген.

Циклотетраметилентетронитроамин -- то-же что октоген.

Циклотол -- сплав 23% гексогена с 77% тротила. ВВ повышенной мощности.

Циклотриметилентринитроамин -- то-же что гексоген.

Циклотриметилентринитрозоамин -- то-же что ЦТМТА.

ЦТМТНА -- см. ВВ нормальной мощности.

Шеддит -- хлоратное ВВ пониженной мощности, см. иные ВВ.

Шимозе, шимоза -- то-же что тринитрометакрезол.

Шнейдерит -- суррогатное ВВ, состоящее из 88% аммиачной селитры и 12% динитронафталина, применялось для снаряжения мин артиллерийских минометов.

Шпренгеля смеси -- см. жидкие ВВ.

ЭДНА -- то-же что этилендинитроамин.

Эднатол -- смесь 49% ЭДНА и 51% тротила.

Эксудация -- выпотевание жидкости из пористого тела на ее поверхность.

Этилендинитроамин -- см. ВВ нормальной мощности.

Этилнитрат -- см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взрывчатые вещества, применяемые в средствах инициирования. – М.: МВД России, 2001.
2. Военно-инженерный энциклопедический словарь. – М.: Издание ВИУ, 1999.
3. Единые правила безопасности при взрывных работах. – М.: ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.
4. Козлов В.С. [и др.]. Энергия взрыва в ломопереработке. – М.: Metallurgizdat, 2007.
5. Комашенков В.И., Носков В.Ф., Исмаилов Т.Т. Взрывные работы. – М.: Высшая школа, 2007.
6. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ: часть 1. – М.: Горная книга, 2007.
7. Кутузов, Б.Н. Проектирование и организация взрывных работ: учебник / Б.Н. Кутузов, В.А. Белин; под ред. Б.Н. Кутузова. – М.: Горная книга, 2012. – 416 с.
8. Матвейчук В.В. Взрывное дело (внимание, взрыв). – М.: Академический Проект, 2005.
9. Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в РФ. – М.: ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.
10. Пиротехнические составы. – М.: МВД России, 1999.
11. Пластичные и эластичные взрывчатые смеси [Методические пособия] : методич. указ. к лабор. работам / Казан. гос. технол. ун-т ; сост. А.А. Косарев, В.Н. Александров. – Казань, 2007.– 44 с.
12. Пороха - метательные взрывчатые вещества. – М.: МВД России, 1999.
13. Пороха, ракетные твердые топлива и взрывчатые вещества. – М.: Министерство обороны, 1992.

14. Промышленные взрывчатые вещества. Кн.2: Составы и свойства.– Дзержинск: Кристалл, 2010.– 544 с.

15. Промышленные взрывчатые вещества. Кн.1: Классификация и методология. – Дзержинск: Кристалл, 2010.– 400 с.

16. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. – М.: «Недра», 1997.

17. Теория горения и взрыва: практикум: Учебное пособие / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, С.С. Тимофеева. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 384 с.

18. Теория горения и взрыва: Учебник / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, А.И. Скушникова – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 262 с.

19. Технология смесевых энергоемких материалов [Учебники] : учеб. пособие / Н.А. Покалюхин [и др.] ; Казанский нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. – 109 с.

20. Чувирич А.В. Занимательная пиротехника: опасное знакомство: в 2 частях. – Харьков: Основа, 2003.

21. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. Кн.1: Составы и свойства / Е.В. Колганов, В.А. Соснин. – Дзержинск: Кристалл, 2009. – 592 с.

Учебное издание

Авторы – составители

Резеньков Денис Николаевич
Сапронов Сергей Владимирович
Горденко Дмитрий Владимирович

Взрывчатые вещества

Учебное пособие

Издается в авторской редакции

Подписано в печать _____.____.2023 г. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. ____ Тираж 10 экз. Заказ _____

Ставропольский филиал Краснодарского университета МВД России.
355000, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 43.