

УНИВЕРЗИТЕТ „СВ.КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ – БИТОЛА
ФАКУЛТЕТ ЗА БЕЗБЕДНОСТ – СКОПЈЕ



Гоце Анакиевски

МЕТОДСКИ АСПЕКТИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИИ И
ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА ВО
ПЕРИОД ОД 2006 – 2011 ГОДИНА

(докторски труд)

Скопје 2017

Ментор:

Ред. проф. д-р Росе Смилески
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип
Воена академија „Генерал Михаило Апостолски“ – Скопје
- придружна членка -

Членови на комисијата:

1. Ред. проф. д-р Јован Наумоски – Претседател
Професор во пензија
2. Ред. проф. д-р Злате Димовски
Универзитет „Св. Климент Охридски“ – Битола
Факултет за безбедност – Скопје
3. Вон. проф. д-р Светлана Николоска
Универзитет „Св. Климент Охридски“ – Битола
Факултет за безбедност – Скопје
4. Доц. д-р Раде Рајковчевски
Доцент на Факултетот за безбедност Скопје
Универзитет „Св. Климент Охридски“ – Битола

Датум на одбрана:

Датум на промоција:

Наука од која се стекнува докторатот:

Доктор на науки од областа на безбедноста

Методски аспекти на истражување на експлозии и експлозивни материи во Република
Македонија во периодот од 2006 година до 2011 година

Апстракт:

На глобално ниво експлозиите претставуваат феномен кои настануваат како резултат на експлозивните материи каде што нивната употреба е сè поголема и како резултат на тоа предизвикуваат голем број на жртви и уништување на материјални добра.

Прикажувањето на целосната слика на методите на истражување на експлозиите и експлозивните материи претставува појдовна основа во расветлувањето и докажувањето на кривичните дела преку утврдувањето на причините за нивно настанување, форензичка анализа и откривањето на можните сторители.

Преку одредувањето на поимот и класификацијата на експлозивните материи, нивната поделба, како и сè поголемата употреба на импровизираните експлозивни направи се става акцент на добивање на целосна и јасна слика на стремежот на секое општество кон одржување и унапредување на нивото на безбедност и заштита на граѓаните и материјалните добра.

Кривично – правните аспекти во Република Македонија и во сферата на меѓународното право претставуваат основа за превенција, откривање и докажување на кривичните дела од овој вид, како и овозможуваат меѓународна соработка со помош на ратификувани меѓународните конвенции, договори и друг вид на комуницирање помеѓу меѓународните правни субјекти.

Клучни зборови:

Согорување, детонација, енергија, топлина, состав, анализа, соединенија, осетливост, карактеристики, густина, разложување, синтеза.

Methodological aspects of research of explosives and explosive substances in the
Republic of Macedonia in the period from 2006 to 2011

Abstract:

Globally, explosions represent a phenomenon that occurs as a result of explosive substances where their use is increasing and as a result they cause a large number of victims and the destruction of material goods.

Displaying the full picture of the methods of research of explosives and explosive substances is the starting point for clarifying and proving the crimes by determining the reasons for their occurrence, forensic analysis and discovering possible perpetrators.

By determining the term and classification of explosives, their divide, as well as the increasing use of improvised explosive devices, emphasis is placed on obtaining a complete and clear picture of every society's aspiration for maintaining and improving the level of safety and protection of citizens and Material goods.

Criminal justice aspects in the Republic of Macedonia and in the sphere of international law constitute the basis for the prevention, detection and proving of criminal offenses of this kind, as well as providing international cooperation through ratified international conventions, agreements and other types of communication between international legal entities.

Key words:

Combustion, detonation, energy, heat, composition, analysis, compounds, sensitivity, characteristics, density, dissipation.

ИЗЈАВА

Изјавувам дека при изработката на докторскиот труд ги почитував позитивните законски прописи од областа на заштитата на интелектуалната сопственост и не користев речници или делови од трудови на други автори без да ги почитувам методолошките стандарди.

Изјавата ја давам под полна материјална и кривична одговорност.

Изјавил,
м-р Гоце Анакиевски

СОДРЖИНА

I ДЕЛ ТЕОРЕТСКО – ХИПОТЕТИЧКА РАМКА.....	2
1. ОПШТЕСТВЕНА И НАУЧНА ОПРАВДАНОСТ НА ТРУДОТ	2
2. ТЕОРЕТСКО – МЕТОДОЛОШКА РАЗРАБОТКА НА ПРОБЛЕМОТ	3
2.1. ПРЕДМЕТ НА ТРУДОТ	4
2.2. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	5
2.3. ПОЈМОВНО – КАТЕГОРИЈАЛЕН АПАРАТ	7
3. ХИПОТЕТИЧКА РАМКА – ХИПОТЕЗИ.....	9
4. МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТАП НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	10
5. ВРЕМЕНСКИ И ПРОСТОРНО ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПРЕДМЕТОТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	11
6. ОЧЕКУВАНИ РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО	11
II ДЕЛ ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ.....	12
1. ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ НА ИСТРАЖУВАЊАТА НА ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ	12
1.1. ДЕТОНАЦИИ	16
2. ПОИМ ЗА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ	18
2.1. ЕКСПЛОЗИИ	18
2.1.1. <i>Физички експлозии</i>	20
2.1.2. <i>Хемиски експлозии</i>	20
2.1.3. <i>Нуклеарни експлозии</i>	21
2.2. ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ.....	21
2.2.1. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ	22
2.3. ПОДЕЛБА СПОРЕД АГРЕГАТНАТА СОСТОЈБА.....	23
2.4. ПОДЕЛБА СПОРЕД ХЕМИСКИОТ СОСТАВ	25
2.5. ПОДЕЛБА СПОРЕД НАМЕНАТА (УПОТРЕБАТА).....	26
2.5.1. <i>Иницијални експлозивни материи</i>	26
2.5.2. <i>Бризантни експлозивни материи</i>	52
2.5.3. <i>Погонски (потисни) експлозивни материи</i>	87
2.5.3.1. Барути.....	888
2.5.3.2. Ракетни горива	90
2.5.4. <i>Пиротехнички смеси</i>	92
2.6. ПОДЕЛБА СПОРЕД БИЛАНСОТ НА КИСЛОРОДОТ	96
2.7. ВИДОВИ НА ЕКСПЛОЗИВНИ ПРОЦЕСИ.....	98
2.7.1. <i>Согорување</i>	99
2.7.2. <i>Експлозија</i>	1211
2.7.3. <i>Детонација</i>	144
III ДЕЛ ИМПРОВИЗИРАНИ ЕКСПЛОЗИВНИ НАПРАВИ.....	156
1. ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ	156
2. ПОИМ И ДЕФИНИЦИЈА.....	159

2.1. Општо за импровизираните експлозивни направи	159
2.2. Начин на изработка и употреба на импровизираните експлозивни направи	161
IV ДЕЛ КРИВИЧНО – ПРАВНИ АСПЕКТИ НА КРИВИЧНИТЕ ДЕЛА ПОВРЗАНИ СО ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА.....	167
1. КРИВИЧНИ ДЕЛА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	1688
1.1. Предизвикување општа опасност	1688
1.2. Неотстранување опасност.....	1699
1.3. Неовластено производство и промет со општоопасни материи	170
1.4. Загрозување на безбедноста на воздушниот сообраќај.....	170
1.5. Терористичко загрозување на уставниот поредок и безбедноста.....	171
1.6. Терористичка организација	173
1.7. Тероризам.....	174
1.8. Изработување и набавување оружје и средства наменети за извршување на кривично дело	176
1.9. Недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материјали	1777
2. МЕЃУНАРОДНИ КОНВЕНЦИИ.....	178
V ДЕЛ КРИМИНАЛИСТИЧКА ФОРЕНЗИКА И АНАЛИЗА НА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ	1800
1. КРИМИНАЛИСТИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА КРИМИНАЛЕН НАСТАН ПРЕДИЗВИКАН СО ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ	1800
2. КРИМИНАЛИСТИЧКА ТЕХНИКА – ФОРЕНЗИКА.....	19595
3. КАРАКТЕРИСТИКИ НА МЕСТОТО НА ЕКСПЛОЗИЈА – РЕАКЦИЈА НА ДЕТОНАЦИЈА	1999
3.1. Констатација по експлозијата – експлозивни ефекти.....	2131
VI ДЕЛ ВЕШТАЧЕЊЕ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1. ХЕМИСКИ АНАЛИЗИ	210
1.1. Волуметриска анализа	212
1.2. Гравиметриска анализа	21313
1.3. Инструментална анализа.....	21313
1.3.1. Спектроскопски методи.....	21313
1.3.1.1. Емисиона спектроскопија	21414
1.3.1.2. Апсорпциона спектроскопија	21414
1.3.2. Видови на спектри.....	2155
1.3.2.1. Ултравioletова и видлива спектроскопија.....	2166
1.3.2.2. Инфрацрвена спектроскопија	2177
1.4. Масина спектрометрија	2199
1.5. Рентгенска анализа	22121
1.5.1. Апсорпција на X – зраците.....	22121
1.5.2. Дифракција на X – зраците	22121
VII ДЕЛ ХРОМАТОГРАФИЈА	22424
1. ХРОМАТОГРАФСКИ МЕТОДИ.....	22424

1.1. Гасна хроматографија	2255
1.2. Течна хроматографија	2266
VIII ДЕЛ МЕТОДСКИТЕ АСПЕКТИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА ВО ПЕРИОДОТ 2006 – 2011 ГОДИНА	2299
1. ПОДАТОЦИ ОД ДРЖАВНИОТ ЗАВОД ЗА СТАТИСТИКА	2299
2. НАДЛЕЖНИ ОРГАНИ	23333
2.1. Податоци од Дирекцијата за заштита и спасување	23333
2.2. Податоци од Царинската управа	23434
2.3. Истражување на експлозиите и експлозивните материи спроведено на Територијалните противпожарни единици на територијата на Република Македонија во периодот од 2006 до 2011 година	2355
2.4. Експлозии на територијата на град Скопје во период од 2006 до 2011 година	2455
2.5. Податоци од Министерството за внатрешни работи	2477
IX ДЕЛ ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ	25151
ПРИЛОГ 1: ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ И СРЕДСТВАТА ЗА ФОРЕНЗИЧКА АНАЛИЗА И ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	26060
1. ВОВЕД	26060
1.1. Инструменти за испитување на експлозивни материи	26161
1.2. Методи и техники на форензичка анализа и истражување на експлозивни материи	2622
1.2.1. Спектроскопија	2666
1.2.2. Инфрацрвена спектроскопија	2677
1.2.3. Придушена тотална рефлексција	26868
1.2.4. Раманска спектроскопија	26969
1.2.5. Гасна хроматографија	2711
1.2.6. Масена спектрометрија	27373
ПРИЛОГ 2: ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ И ТЕХНИКИТЕ ЗА ФОРЕНЗИЧКА АНАЛИЗА И ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ	2766
1. ПРИМЕРОЦИ ЗА ИСТРАЖУВАЊЕ	2766
1.1. Микро – рамански спектрометар	2766
1.2. Фурие трансформна инфрацрвена (FT – IR) спектрометрија	2799
1.3. Гасен хроматограф спрегнат со масен спектрометар	2799
ПРИЛОГ 3: ДИСКУСИЈА ОД ПРАКТИЧНАТА ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ И СРЕДСТВАТА ЗА ФОРЕНЗИЧКА АНАЛИЗА И ИСТРАЖУВАЊЕ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	28181
1. МЕТОДСКИ АСПЕКТИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ	2811
1.1. Рамански, инфрацрвени и масени спектри на тринитротолуен	2855
1.1.1. Рамански и инфрацрвени спектри на тринитротолуен	2855
1.1.2. Асигнација на рамански и инфрацрвен спектар на тринитротолуен	2866

<i>1.1.3. Масен спектар на тринитротолуен</i>	<i>2877</i>
ПРИЛОГ 4: ИЗВЕСТУВАЊА ОД ТЕРИТОРИЈАЛНИТЕ ПРОТИВПОЖАРНИ ЕДИНИЦИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	2888
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	2899

I ДЕЛ ТЕОРЕТСКО – ХИПОТЕТИЧКА РАМКА

1. ОПШТЕСТВЕНА И НАУЧНА ОПРАВДАНОСТ НА ТРУДОТ

Општествената и научна оправданост за потребата од методските аспекти на истражувањето на експлозиите и експлозивните материи во Република Македонија станува актуелна проблематика од нашето секојдневие. Реалноста со настанатите експлозии, како во урбаните средини, сообраќајните средства и производствени капацитети, т.е. фабрики, кои можат да бидат заради непочитување на мерките за заштита при работа и од невнимание, така и експлозиите кои настанале со намера и при тоа создаваат одреден кривично – правен настан, предизвикуваат големи материјални штети како и човечки загуби.

Кај експлозиите најчесто се врши истражување за причините што довеле до ваквите појави, додека кај експлозивните материи се врши истражување на нивниот состав, особини, начинот на нивна употреба, како и одредени закономерности кои доведуваат до експлозија. Резултатите од истражувањето треба да ги утврдат вистинските причини, кои во никој случај не смее да останат непознати. Се добива впечаток дека се избегнува одговорноста за барање на причинско – последичните врски. Овие состојби во јавноста најчесто се во доменот на шпекулациите и најчесто се квалификуваат како сомневање за поврзаност со општествено – политички состојби во државата, поврзаноста со осигурителните друштва, организираниот криминал, тероризмот и сл.

Со овој труд преку спроведеното истражување ќе се изберат вистинските насоки кои придонесуваат за подигнување на степенот на одговорноста на инволвираните страни во секој поединечен или сложен случај, со посебен придонес на теоретски и практичен план. Тоа е заложба на секое општество за одржување и унапредување на нивото на безбедноста на граѓаните, нивна заштита и сигурност.

Методските аспекти на истражување на експлозиите и особините, составот и одредените закономерности на експлозивните материи е посебно значајно за практичното и научното надградување на лицата што по разни основи имаат различни допирни точки и потреби за проучување и анализа на овие појави.

Една од надлежните служби за вршење на увид, истражување и утврдување на причините за експлозиите и експлозивните материи во општеството е

криминалистичката полиција. Покрај оваа служба, голем удел во справувањето со настанатите експлозии имаат антитерористичките организациски единици и Територијалните противпожарни единици на територијата на Република Македонија. Со цел следење на новите трендови во истражувањето, се наметнува потребата од меѓународна соработка и размена на искуства по разни основи во оваа област. Размената на домашните и странските искуства ќе бидат позитивни за примената и подигнувањето на стандардите за професионалните ангажмани на лицата кои се занимаваат професионално со истражување на експлозии и експлозивни материи.

Во однос на научното значење на докторскиот труд, важно е да се напомене дека ќе бидат разработени нови начини за прикажување на квантитативните обработки на податоците за видовите, бројот, начините и причините за настанување на експлозиите, како и нова класификација која се темели врз база на домашната и меѓународната практика.

Врз основа на овие согледувања ќе биде разработена и методиката за откривање на овој вид на престап. При истражувањето на методските аспекти за настанување на експлозии и истражувањето на експлозивните материи се применуваат вештачења, основни научни методи од областа на физиката, хемијата и др.

2. ТЕОРЕТСКО – МЕТОДОЛОШКА РАЗРАБОТКА НА ПРОБЛЕМОТ

Експлозиите и експлозивните материи претставуваат потенцијална опасност по животот и здравјето на луѓето, животните, имотите и животната средина. Често пати во практиката намерно се предизвикуваат експлозии со цел извршување на некое кривично дело или за прикривање на делото.

Научниот пристап за истражувањето на експлозиите и експлозивните материи ја наметнува потребата од продлабочени знаења од теоријата на процесите на горењето, процесите на согорувањето, хемиските и физичките реакции, процесите на фисија и фузија, криминолошко – криминалистичките науки, како и другите сродни научни дисциплини.

Лицата кои се вклучени во истрагата на експлозиите и експлозивните материи треба да им биде овозможено слободно формирање на стручното мислење со искористување на своето знаење од областа на науките и научните достигнувања, без можност за наметнување на претпоставки.

Кога станува збор за истражувањето на експлозиите и експлозивните материи, може да се каже дека станува збор за многу сложен процес, што за стручните служби подразбира мултидисциплинарен пристап преку стекнатото знаење и искуство, пред сè од повеќето области на природните, техничките, општествените и останатите науки.

При спроведувањето на истрагата на местото на настанот треба да се внимава при утврдувањето на причините за настанување на експлозиите, бидејќи големо влијание имаат многу претходни фактори кои намерно или не придонеле за уништување на материјалните докази, вклучувајќи ја и интервенцијата на противпожарната служба.

Со примена на методиката во истражувањето на експлозиите и експлозивните материи се доаѓа до вистинските извори и причини, како и откривањето на можниот сторител на кривичното дело.

За методските аспекти на истражување на настанатата експлозија потребно е да се изврши увид на местото на настанот. Со увидот треба да се утврди причината и начинот на предизвикување на експлозијата. Од местото на настанот преку добиените сознанија се земаат предвид индициите пред, за време и по настанот. Индициите треба да се темелат на претходно поставените хипотези за да се идентификува доказот како релевантен. За таа цел, во практиката најчесто се применуваат информативната, статичката и динамичката фаза. За утврдување на местото на настанување на експлозијата се применува статичкиот, динамичкиот и методот на елиминација.

За истражувањето на експлозивните материи потребно е по извршениот увид на местото на настанот да се пристапи кон внимателно селектирање, прибирање и пакување на материјалните докази од страна на криминалистичките техничари и нивна понатамошна експертиза во соодветни лаборатории со примена на најсоодветни и најсовремени методи на испитување. Овие методи овозможуваат многу прецизно одредување на видот на експлозивни материи кои довеле до настанување на експлозија.

2.1. Предмет на трудот

Предмет на обработка на трудот се експлозиите и експлозивните материи, настанувањето на експлозиите, начинот на истражување на експлозиите и експлозивните материи на местото на настанот, истражувањето на експлозивните

материи во лабораториски услови со користење на соодветни методи на испитување, правната застапеност, односно кривичните дела против општата сигурност на луѓето и имотот опфатени во глава 26, кривичните дела против државата опфатени во глава 28 и кривичните дела против јавниот ред опфатени во глава 33 од Кривичниот законик на Република Македонија и учеството на криминалистичката полиција во истражувањето на експлозиите и експлозивните материи. Трудот го опфаќа и криминалистичкиот аспект, методиката и техниката на откривањето, докажувањето и разјаснувањето на кривичните дела против општата сигурност на луѓето и имотот, кривичните дела против државата и кривичните дела против јавниот ред, како и активностите на криминалистичката полиција и Управата за безбедност и контраразузнавање во улога на превенцијата и репресијата.

2.2. Цели на истражувањето

Научната цел на трудот е дескрипција на методските аспекти на истражување на експлозиите и експлозивните материи во Република Македонија во периодот од 2006 – 2011 година. Практична цел е да се систематизираат и унапредат методските аспекти на истражување на експлозиите и експлозивните материи и да придонесе за унапредувањето на ефикасноста на органите определени со закон да го гонат овој вид на криминалитет.

Преку ова истражување ќе се добијат индикатори на теоретските и практичните елементи на криминалистичките, правните и психолошките карактеристики на овој вид на криминални дела. Посебен акцент се става на местото на настанот на експлозијата според следните фази:¹

Препознавање на проблемот – најнапред треба да се препознае и да се утврди постоењето на проблемот. Дали настанала само експлозија, кој вид на експлозија (физичка, хемиска), дали најнапред настанале други кривично – правни настани кои довеле до експлозија или пак експлозијата довела до одреден кривично – правен настан. Потоа треба да се пристапи кон утврдување на методските аспекти кои ќе се користат при истражувањето на експлозијата и експлозивните материи кои довеле до експлозија.

¹ С. Х. Џејмс, Џ. Џ. Норби, „Форензика, Вовед во научни и истражни техники“, Второ издание, САД, 2006.

Дефинирање на проблемот – кога е утврден проблемот, одговорните лица што се вклучени во истражувањето применуваат соодветна стручна метода. За таа цел треба да биде спроведена квалитативна и квантитативна истрага, а тоа се постигнува со комбинирање и примена на научни методи и резултати од науката на местото каде што настанала експлозијата.

Собирање на податоци – оваа фаза опфаќа собирање на податоци за истражување на проблематиката. Тоа се постигнува со набљудување, експерименти или други директни начини на собирање на податоци, искористување на стекнатите искуства и друго.

Анализа на податоците – собраните примероци и информации првично се анализираат од страна на надлежниот орган задолжен за истрагата со помош на техниката, искуството на истражувачите, а тоа во голема мерка зависи од степенот на нивното стекнато знаење, но и други фактори. Во текот на анализата не треба да се земаат во предвид сомнителните или субјективните информации без да бидат проверени. Со методот на елиминација се прибираат клучните факти и материјални докази важни за истрагата.

Со помош на научните објаснувања и пренесувањето на искуствата од практиката за кривичните дела кои се поврзани со предизвикување на експлозија, се објаснува и обидот за прикривање на други кривични дела, како што се убиство, измама, кражба и други. Поради сложеноста на хемиските и физичките процеси што се случуваат за време на експлозијата се уништуваат голем број на траги што подоцна стануваат тешки за докажување.

Врз основа на горенаведеното, истражувањето ќе биде насочено кон разработка на методиката која се применува при самото истражување на експлозиите и експлозивните материи како тип на криминал кој станува многу актуелен во денешно време. Постојано има нови предизвици кои бараат поголемо посветено внимание од страна на надлежните органи вклучени во истражувањето на овој вид на криминал. Преку резултатите од истражувањето ќе се презентираат аргументирани факти кои ќе дадат придонес за развој на методиката на истражување на експлозии и експлозивни материи со примена на знаења, вештини.

2.3. Појмовно – категоријален апарат

Експлозија – под поимот експлозија се подразбира процес на екстремно брза трансформација на потенцијалната енергија на еден систем во кинетичка или некој друг вид на енергија.²

Физичка експлозија – предизвикана исклучиво од физички процеси, при што настанува моментално преминување на материјата од една физичка состојба во друга.³

Нуклеарна експлозија – краткотраен процес при кој се ослободува огромни количества потенцијална енергија во вид на маханичка, топлинска и енергија на радиоактивно зрачење.

Хемиска експлозија – настанува како последица на хемиските реакции, при што хемиската енергија на материјата брзо се трансформира во топлинска енергија со ослободување на гасови како производи на реакцијата.

Експлозивни материји – производи (хемиски соединенија или смеси) кои имаат својство под влијание на надворешен импулс, брзо хемиски да се разлагаат и при тоа да ослободуваат гасови, загреани на неколку илјади степени Келвинови и под притисок од околу $2 \cdot 10^{10}$ Pa (околу 200000 атмосфери).

Импровизирани експлозивни направи (ИЕН) – направа која е составена или фабрикувана на импровизиран начин во кој се вметнати деструктивни, смртоносни, штетни, пиротехнички, запаливи и хемиски средства, чија основна цел е да ги уништат, онеспособат, заплашат или да го одвлечат вниманието кон тие за кои е наменета.⁴

Долна граница на експлозивност – најмалата или минималната концентрација од горивната материја помешана со кислородот и под дејство на надворешен импулс (енергија на палење) може да експлодира.

Горна граница на експлозивност – најголемата или максималната концентрација од горивната материја помешана со кислородот и под дејство на надворешен импулс (енергија на палење) може да експлодира.

Експлозивен интервал – растојанието помеѓу минималната и максималната концентрација од горивната материја помешана со кислородот и под дејство на надворешен импулс (енергија на палење) може да експлодира.

² Смилески Јб. Р., „Муниципална и експлозивна материја – Теоретски основи“, Маринг – Скопје, 1998, стр. 17. (1)

³ Смилески Јб. Р., *оп. цит.*, стр. 17. (1).

⁴ АЕОДР 3(А), 04.2012, НАТО, page 21.

Индиции – индициите претставуваат факти и околности што укажуваат на евентуално постоење на кривично дело и на поврзаноста на тоа дело со некое лице, односно претставуваат утврдени факти и околности кои посредно укажуваат на можноста од постоење на кривично дело на одредено лице како можен извршител или пак на други факти и околности врзани за делото или извршителот.

Увид – увидот⁵ го презема јавниот обвинител, а по негово овластување и правосудната полиција кога за утврдување или разјаснување на некаков важен факт во постапката е потребно непосредно забележување.

Реконструкција на настан – заради проверување на прибавените докази или утврдување на фактите што се од значење за разјаснување на работите, органот што ја води постапката може да одреди реконструкција на настанот, која се врши така што ќе се повторат дејствата или ситуациите во условите под кои според прибавените докази се одиграл настанот. Ако во исказите на одделни сведоци или осомничени, односно обвинети, дејствата или ситуациите се различно прикажани, по правило реконструкцијата на настанот посебно ќе се изврши со секој од нив.

Доказ – доказот или доказите претставуваат податоци и факти според природата што произлегуваат од кривично – процесните активности што ги преземаат субјектите на кривичната постапка, а пред сè судот, кој е единствен во изведувањето на доказите во кривичната постапка врз основа на која се утврдува фактичката состојба за елементите на кривичното дело и кривичната одговорност.

Осомничен – лице против кое се води претходна постапка.⁶

Обвинет – лице против кое е потврден обвинителен акт, поднесен обвинителен предлог, поднесен предлог за примена на мерка за безбеденост, поднесена приватна тужба или поднесен предлог за издавање на казнен налог.⁷

Кривично дело – под поимот кривично дело, како објект на кривичната постапка, се подразбира противправно дело што е определено со закон како кривично дело и чии обележја се определени со закон, чие пресудување е ставено во надлежност на судовите.⁸

⁵ Закон за кривична постапка, Член 233 став 1 („Сл.весник на РМ“, бр. 150/10).

⁶ Закон за кривична постапка, Член 23 став 1 („Сл.весник на РМ“, бр. 150/10).

⁷ Закон за кривична постапка, Член 23 став 2 („Сл.весник на РМ“, бр. 150/10).

⁸ Матовски Н., Лажетиќ – Бужаровска Г., Калајџијев Г., „Казнено – процесно право“, Правен факултет „Јустинијан Први“ – Скопје, 2009, (Член 7 од Кривичниот Законик на РМ, Сл. весник на РМ, бр. 37/96, 80/99, 44/02, 43/03 и 19/04).

Место на настанот – под место на настанот се подразбира не само просторот на кој е сторено кривичното дело, туку и неговата поблиска и подалечна околина во која може да се пронајдат траги од кривичното дело.⁹

Тактичка ситуација – целокупност на условите под кои во даден момент се врши криминалистичка контрола, односно обработка, истрага или се одржува главен претрес, односно динамичен систем од објективни и субјективни чинители со информативна и доказна природа.

3. ХИПОТЕТИЧКА РАМКА – ХИПОТЕЗИ

Генерална хипотеза

Употребата на експлозивните материи и настанувањето на експлозиите како последица на нивната употреба претставуваат закана по безбедноста во Република Македонија.

Посебни хипотези

- Утврдените методи за истражување на настанатите експлозии влијаат врз истражувањето на овој вид криминалитет.
- Влијанието на техничко – технолошките достигнувања, материјалните и природните фактори е во функција на истражувањето на експлозиите и експлозивните материи кои претставуваат кривично дело.

Поединечни хипотези

- Примената на современи методи при истражување на експлозиите и експлозивните материи овозможува расветлување на овој вид на кривични дела и примена на соодветни превентивни и репресивни мерки од страна на надлежните органи.
- Местото на настанување на експлозиите на: објекти, индустриски капацитети и сообраќајни средства, игра важна улога при користењето на соодветните методи во истражувањето на експлозиите и експлозивните материи.

⁹ Матовски Н., Лажетиќ – Бужаровска Г., Калајџијев Г., *оп. цит.*

- Со анализа на особините и хемискиот состав на експлозивните материи се утврдува начинот на настанување на експлозиите.

4. МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТАП НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Во текот на истражувањето заради добивање на пообјективни резултати се користени повеќе научни методи како и методолошки постапки и инструменти:

Статистички метод – статистички се обработени сите достапни и обработени податоци, како основа за предметот на истражувањето од каде што се извлечени соодветни заклучоци за истражуваната појава.

Метод на дескрипција – опишување и прикажување на предметот на научно истражување со научно толкување и објаснување.

Историско компаративниот метод – пронаоѓање и извлекување на специфичностите, разликите и врските помеѓу криминогените појави што се предмет на истражување и тоа во карактеристични нивни етапи, но исто така и за преклопување на различните фази на манифестирање на истите.

Метод на анализа и синтеза – користење на научно истражувачки резултати т.е. ставови, заклучоци и сознанија за предметот на истражување на други претходни истражувачи.

Метод на анализа на содржината на документацијата – овој метод во практиката наоѓа голема примена. Преку него се регистрираат нумерички и статистички податоци, како и сознанија од поширок карактер, значајни за следење на севкупноста на појавите кои претставуваат и готови дијагностички елементи. Со анализа на документите ќе се изврши анализа на случените кривични дела во Република Македонија во период од 2006 – 2011 година. Посебно ќе се примени Берелсоновиот метод (проучување на документација на државните органи).

5. ВРЕМЕНСКИ И ПРОСТОРНО ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПРЕДМЕТОТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Временското определување на предметот на истражување на овој труд ќе биде методолошките аспекти на истражувањето на експлозиите и експлозивните материи за период од шест години и тоа од 2006 до 2011 година, додека просторната рамка ќе биде територијата на Република Македонија.

6. ОЧЕКУВАНИ РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО

Од спроведеното истражување за овој докторски труд очекувам да се добие целосна и јасна претстава за методите кои се користени при истражувањето на експлозиите и експлозивните материи.

Со овој труд преку спроведеното истражување ќе се обезбедат вистинските насоки и правци кон целта за подигнување на одговорноста при начинот на истражување за секој поединечен или сложен случај со посебен придонес на теоретски и практичен план. Тоа е заложба на општеството кое се стреми кон одржување и унапредување на нивото на безбедноста, заштитата и сигурноста на граѓаните.

Резултатите од методските аспекти на истражувањето на експлозиите и експлозивните материи исто така е посебно значајно за практичното и научното надградување на луѓето што по разни основи имаат различни допирни точки и потреби за проучување и анализа на ваквите појави.

Бидејќи полицијата се вклучува како една од главните служби за вршење на увид и истражување на местото на настаната експлозија, додека пак противпожарната единица претставува служба која е директно вклучена во справувањето со последиците од настанатата експлозија, се наметнува потребата и од меѓународна соработка и размена на искуства по разни основи во оваа област. Размената на странските искуства со домашните претставуваат позитивен исчекор во примената и подигнувањето на стандардите за професионално работење.

II ДЕЛ ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ

1. ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ НА ИСТРАЖУВАЊАТА НА ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ

Со цел да се направи сѐопфатно истражување на експлозивните материи, како и начинот на нивна примена, потребно е проучување на нивната генеза.

Појавата на експлозивните материи се поврзува со појавата на црниот барут. Старите Кинези уште во II век пред новата ера произведувале и го применувале црниот барут. Тој претставува хетерогена физичка смеса, која што е составена приближно од 75% калиум нитрат, 15% дрвен јаглен и 10% сулфур.¹⁰

Во почетокот на III век од новата ера Римјаните почнале да користат запалива смеса во нивните поморски битки, која што била изработена од вар и асфалт и која при допир со вода се запалувала.

Во VII век Гркот Калиникос (Kallinikos) го пронашол т.н. „грчки оган“, кој бил составен од мешавина на нафта, сулфур, смола и вар, кој се користел како многу моќно запаливо средство во поморските битки во вековите што следуваат.

Црниот барут пристигнал во Европа пред околу 1000 години, најверојатно со посредство на Арапите и според Гернар (Garner), Унгарците први во Европа го примениле црниот барут во 1073 година при опсадата на Белград.

Арапите, кои имале многу добри развиени трговски односи со Кина, пред крајот на XIII век го донеле составот и постапката за производство на црн барут и први го употребиле за исфрлување на проектили на голема оддалеченост. Составот на црниот барут кој го користеле Арапите бил 74% шалитра, 11% сулфур и 15% дрвен јаглен и тој состав речиси и да не е променет до денешницата и покрај бројните истражувања на хемичарите и балистичарите во вековите што претстојат.¹¹

Во Европа црниот барут прв го произвел англискиот монах Роџер Бејкон (Roger Bacon, 1214 – 1294 година), кој го имал следниот состав: 41,2% калиум нитрат, 29,4% сулфур и 29,4% дрвен јаглен. Меѓутоа, тој својот рецепт за производство на црн барут го запишал во шифриран облик. Затоа, според некои извори, за пронаоѓач на црниот барут се смета Бертолд Шварц (Berthold Schwarz), калуѓер од германско или данско потекло, кој според Гернер, во 1320 година успеал да ја протолкува Бејконовата шифра. Исто така, за потребите на венецијанската војска во 1326 година изработил

¹⁰ Јеремић Р., „Експлозивни процеси“, Војна академија, Београд, 2002, стр. 14. (1)

¹¹ Maksimović V. P., „Tehnologija eksplozivnih materija“, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1972, стр. 7. (1)

неколку метални топови, во кои црниот барут е применет за исфрлување на железни гулиња.

Англискиот крал Едвард III (Edward) во вооружувањето на сопствената војска воведува артилериско вооружување, кое прв пат е употребено во битката кај Крејсиа во 1346 година.

Русите при одбраната на Москва од Татарите во 1389 година користеле топови и црн барут, додека Турците при опсадата на Цариград во 1413 година употребувале топови со калибар од 1200 mm и проектили со маса од 300 kg.

Црниот барут кој го користеле Швеѓаните во 1480 година бил составен од 57% калиум нитрат, 21,5% сулфур и 21,5% дрвен јаглен.

Унгарецот Каспар Вендл (Kaspar Weindl) е првиот кој црниот барут го употребил за откопување на руда во 1627 година. Тоа искуство подоцна го користеле Германците, Швеѓаните и други народи.

Епохата на црниот барут траела сè до XVIII век, кога биле пронајдени други експлозивни материи. Познатиот хемичар Глаубер во 1654 година го пронашол амониум нитратот, кој од 1867 година се користи како оксиданс за производство на стопански експлозивни материи.

Кон крајот на XVII век Јохан Левестерн (Johan Löwestern) го синтетизирал живиниот фулминат, кој подоцна е користен како иницијална експлозивна материја.

Германскиот хемичар Кристијан Фридрих Шенбајн (Christian Friedrich Schönbein) во 1845 година со потопување на памучни влакна во смеса составена од азот и сулфурна киселина ја добил нитроцелулозата, која постепено и во целост го заменила црниот барут за погон на проектили, без оглед на несреќите кои се случувале при нејзино производство. За разлика од другите барути кои не согоруваат ни до 50%, таа целосно согорува.

Ерата на нитроцелулозниот барут започнува во 1884 година, кога францускиот хемичар Пол Вјеј (Paul Marie Eugène Vieille) за прв пат произвел компактна експлозивна маса, која била во форма на желатин, односно тој успеал да ги желатинизира зрната на нитроцелулозата со помош на смеса од етер и алкохол, со што е овозможено производство на барут со различен облик со изедначена брзина на согорување. Оваа експлозивна бесчадна маса била три пати помоќна од црниот барут.

Во 1843 година Лаурент ја пронашол пикринската киселина, која што претставувала разорен експлозив кој е користен за полнење на артилериски проектили сè до пронаоѓањето на тротилот.

Во 1845 година од страна на Асканио Собреро (Ascanio Sobrero) пронајден е нитроглицерин, кое претставува соединение со огромна разорна моќ и многу чувствително на удар. Ова пронаоѓање не е користено сè до појавата на шведскиот научник Алфред Нобел (Alfred Bernhard Nobel, 1833 – 1896), кој бил хемичар, инженер, иноватор кој успеал да изврши стабилизација на нитроцелулозата, а ги открил и пластичните експлозивни материи, динамитот, детонирачкиот желатин, балиститот, кој е предвесник на малкучадните експлозивни материи, како и стопанските експлозивни материи.¹² Нобел во 1863 година во Хеленборг, Шведска ја изградил првата фабрика за производство на нитроглицерин, каде што во 1864 година дошло до детонација на реакторот за нитрирање на глицерин, при што загинале неколку десетици работници, а фабриката била срушена до темел. Во 1865 година Нобел изградил нова фабрика и продолжено е со производство.

Со цел практично да може да го примени нитроглицеринот, кој бил премногу осетлив на триење и удар, Нобел го има измешано со природен хидратантен силикат кој има голема специфична површина, со што е добиен познатиот динамит, односно експлозивна материја која нашла широка примена во рударството, сообраќајот и други стопански гранки. За иницирање на динамитот Нобел користел детонаторска каписла со живин фулминат.

Подоцна, со мешање на нитроцелулоза и нитроглицерин Нобел ги произвел двобазните барути, кои од 1888 година, па сè до денес успешно се користат како погонско полнење на топовските проектили.

Со своето научно достигнување, Алфред Нобел претставува татко на експлозивните материи.

Белстајн (Beilstein) и Килберг (Külberg) во 1870 година го имаат синтетизирано тринитротолуенот (ТНТ), чие што производство започнало во Германија во почетокот на XX век, односно во 1901 година. Поради својата исклучителна стабилност погодност за ракување и експлозивните карактеристики, тринитротолуенот во потполност ја има заменето пикринската киселина, бидејќи таа има негативно својство да со металите создава соли на пикринската киселина кои се многу чувствителни на удар, кои биле главна причина за многу експлозии во складиштата со муниција.

Во 1877 година Џаслин (Jusselin) го има синтетизирано нитрогвандинот, кој во Првата светска војна се користел како експлозивна материја, додека во Втората светска

¹² Јеремии Р., *оп. цит.*, стр. 16. (1)

војна се користел како додаток на двобазните барути при изработка на т.н. ладни барути.

Во 1894 година Спрингстоф (Sprengstof) пријавил патент за производство на пентрит.

Хенинг (Heninng) во 1899 година го синтетизирал хексогенот, чие што индустриско производство започнало во 1925 година истовремено во САД и Италија.

Недостатокот на толуенот, кој претставува основна суровина за синтеза на тринитротолуенот, ги има присилено завојуваните страни во текот на Првата и Втората светска војна да освојуваат нови експлозивни смеси на база на тринитротолуен и амониум нитрати, во кои спаѓаат амонали и аматоли, кои се користеле за лабораторија на различни убојни средства.

Бекман (W.E. Bachman) од САД во 1943 година го има синтетизирано октогенот, кој претставува експлозивна материја со најголема детонаторска брзина. Без оглед на високата цена, од 1952 година октогенот се користи за лабораторија на проектили со кумулативен ефект.

После Втората светска војна, развојот на експлозивните материји бил насочен кон изработка на нови термостабилни експлозивни материји, модифицирани двобазни барути кои во својот состав имаат одреден процент на хексоген или октоген заради зголемување на специфичниот импулс, композитните ракетни горива, експлозивните материји со полимерно врзување (РВХ) и нови експлозивни смеси за одредени намени.

Во последно време се синтетизираат експлозивни материји на база на различни нитрополимери, кои имаат мала осетливост на механички влијанија и релативно мала брзина на детонација. Главно се користат како додатоци на високобризантните експлозивни материји, во својство на флегматизатори и како компонента во двобазните ракетни горива.

Значаен напредок е остварен и во областа на синтеза на експлозивните соединенија кои во себе содржат флуор. Принципот на добивање на овие соединенија е замена на водородниот атом со атомот на флуор во високоенергетските соединенија од типот на нитрамин, нитроалифатични соединенија, нитроалкохоли и други. На тој начин се добиваат соединенија со поголема стабилност и зголемени енергетски својства.

Најнова откриена експлозивна материја е CL – 20, која ја има синтетизирано А. Нилсен (A. Nielsen) во 1991 година во САД.¹³ Припаѓа во групата на полициклични нитрамини, а е составен од 2 молекули на хексоген. Брзината на детонација е малку повисока во однос на октогенот, така што CL – 20 претставува најмоќна позната експлозивна материја.

1.1. Детонации

Паралелно со развојот на експлозивните материји, многубројни истражувачи во светот се занимаваа со теоретско и експериментално проучување на физичко – хемиските и термодинамичките основи на експлозивните процеси, како и влијанието на ефектите врз околината.

Феноменот на детонација прво го имаат воочено француските хемичари Марселин Бертло (Marcelin Berthelot) и Пол Вјеј (Paul Vieille) при истражувањето на калориметриската бомба во 1881 година и 1882 година, а независно од нив и Малард (Mallard) и Ле Шетелије (Le Chatelier) во 1881 година при проучување на согорувањето на метанските смеси во цевките.

Разбирањето на процесот на детонација и одредувањето на брзината на простирање на детонацискиот бран, притисокот и температурата во него, во многу има помогнато теоријата на ударни бранови која ја поставиле Ренкин (Rankine) во 1870 година и Игони (Hugoniot) во 1889 година.

Рускиот научник Михелсон во 1889 година прв ја има воочено аналогијата помеѓу простирањето на детонацијата и ударниот бран.

Основите на теоријата за детонација ја имаат поставено Чепмен (Chapman) во 1899 година и Жуге (Jouguet) во 1905 година и во 1917 година. Тие се познати како втемелувачи на теоријата на рамниот детонациски бран. Изучувањето на појавата за детонација е во тесна врска со природните науки хемија, физика и механика.

Германскиот научник Бекер (Becker) во 1922 година прв ја има решено равенката на фронтот на ударниот бран со помош на кинетичката енергија на гасовите.

Во 1928 година Семјонов (Семёнов) ја има поставено квантитативната теорија на топлотното самопалење, познато како теорија на топлотната експлозија)

¹³ Јеремић Р., *оп. цит.*, стр. 17. (1)

Воочувајќи ја врската помеѓу брзината на горење и карактеристиката на горивната смеса, Зельдович (Зельдович) и Франк – Каменецки (Frank – Kamenetsky) во 1938 година ја развиле теоријата на согорување на гасови. Исто така и Бељајев (Беляјев) во тој период има покажано дека таа теорија е применлива и на процесот на согорување на испарливите кондензирани експлозивни материи.

Најпотполна теорија на согорување на гасовите ја има поставено Зельдович, додека Андреев и Бељајев ги проочувале условите при кои доаѓа до премин на согорувањето во детонација.

Франк – Каменецки во 1939 година ја пресметал максималната температура на сидот на садот при која е можна стационарна распределба на температурата. При тоа претпоставил дека процесот на разлагање на гасовитата смеса се одвива според Аренијусовиот закон и дека помеѓу брзината на разложување и брзината на издвојување на топлината постои пропорционалност. На тој начин за прв пат е одредена критичната температура на експлозијата.

Механизмот на топлинското самопалење кај цврстите експлозивни материи Франк – Каменецки ја има објаснето со примената на кондуктивниот начин на пренос на топлината.

Фундаментално поместување во развојот на теоријата на детонација, во која се елиминирани претпоставките и недостатоците на поедноставената теорија на рамниот детонаторски бран, независно еден од друг, ја направиле Зельдович во Русија во 1940 година, Вон Њумен (von Neumann) во САД во 1942 година и Дуринг (Döering) во Германија во 1943 година. Испитувајќи го влијанието на конечната брзина на реакцијата на детонација, тие утврдиле структура на детонацискиот бран и постоење на надпритисок во почетната зона на хемиската реакција. Моделот на детонација кој тие го поставиле бил еднодимензионален и наречен е според авторите т.е. ЗНД модел на детонација.

Харитон во 1940 година детално го објаснил влијанието на брзината на хемиските реакции во фронтот на детонацискиот бран на детонациската способност на експлозивните материи.

Теоријата на подводни експлозии детално ја има разработено Кол (Cole) во 1948 година.

Садовски и Бељајев во 1952 година го имаат објаснето различниот облик на дејството на експлозијата и нивната врска со особините на експлозивните материи.

Бертс (Berets), Грин (Green) и Кистиаковски (Kistiakowsky) во 1950 година вршеле споредување на теоретските резултати на еднодимензионалниот модел на детонација со експериментални резултати добиени со испитување на некои гасовити експлозивни смеси. Со развојот на сметачите и експерименталните техники во наредните неколку години, како и сигурните термодинамички податоци, прецизноста на одредувањето на детонациските параметри значително е зголемена, притоа вклучувајќи ги и рамнотежниот состав на продуктите на експлозивното разложување. Даф (Duff), Најт (Knight) и Ринк (Rink) во 1958 година го измериле притисокот на детонацијата со помош на пиезоелектрични давачи. Брзината на детонација прецизно ја имаат измерено Пик (Peek) и Треп (Thrap) во 1957 година.

Во средината на шеесетите години на XX век Баум детално го има објаснето механизмот на иницирање со ударни бранови.

Дрјомин (Дрёмин) во 1967 година со помош на електромагнетни методи го има измерено профилот на масената брзина во детонацискиот бран.

Понатамошните теоретски и експериментални истражувања на експлозивниот процес се движеле во правец на развој на реалниот тродимензионален модел на детонација и земањето во предвид брзината на хемиските реакции, како и во пронаоѓање на најпогоден облик на пресметки на состојбите за опис на однесувањето на гасовитите продукти на детонација во услови на висок притисок и температура.

2. ПОИМ ЗА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ

Потребата за одредување на поимот експлозија и нејзино дефинирање е со цел појаснување на самиот процес, како би можело да се одредат методите при негово истражување од криминалистички аспект.

2.1. Експлозии

Под поимот експлозија, во поширока смисла, се подразбира многу брз физички, хемиски или нуклеарен процес на промена на состојбата на некој систем, проследен со премин на потенцијалната енергија во кинетичка енергија на елементарните честички. односно во механичка работа.¹⁴

¹⁴ Jeremiћ R., „*Eksplodije i eksplozivi*“, Vojnoizdavački Zavod, Beograd, 2007. (2)

Работата која што се извршува при експлозијата е условен со брза експанзија, односно ширење на гасовите кои постоеле или кои се создале за време на експлозивното разложување.¹⁵

Процесот на експлозивно разложување се карактеризира со брз скок на притисокот и температурата во средината каде што непосредно е настаната експлозијата, по што доаѓа до разорно или рушечко дејство на околината.

Експлозијата има основна специфичност, а таа е дека единствена причина за разорното дејство не е количината на ослободената енергија, туку брзината со која што таа енергија се ослободува.¹⁶

Доколку енергијата која што е ослободена за време на процесот на експлозивно разложување биде распределена на подолг временски период, процесот би протекло мирно и не би се предизвикало експлозија. Голема енергија се ослободува при нуклеарна експлозија, со тоа што ефектите кои што се постигнуваат се резултат на голема концентрација на енергија на мал простор и за многу краток временски период (околу 1 милисекунда). При тоа, површината на која доаѓа до тотално разорување при експлозија на атомска бомба со средна моќ изнесува околу 10 km². Истата енергија оваа површина ја прима од сончевото зрачење за време од 2 часа, без никакви негативни последица за објектите и живиот свет на тој простор.

При описот на самиот феномен наречен експлозија, се издвојуваат 2 фази и тоа:¹⁷

- I фаза – претворање на некој облик на енергија во енергија на силно збиени гасови и
- II фаза – многу брзо ширење на гасовите кои се под висок притисок.

Врз основа на карактерот на предизвиканата појава, експлозиите можат да бидат:

- физички,
- хемиски и
- нуклеарни.

¹⁵ Jeremiћ R., *оп. цит.* (2)

¹⁶ Акаван Ж., „Хемија на експлозивни“, Второ издание, АД Вербум, Скопје, 2009, стр. 21. (1)

¹⁷ Pleše M., „*Fizika i kemija eksplozivnih tvari*“, Ministarstvo obrane Republike Hrvatske, Zagreb, 2008, str. 25. (1)

2.1.1. Физички експлозии

Физичката експлозија е предизвикана од физичките појави и кај нив експлозивните материи моментално преминуваат од една физичка состојба во друга. Физичка експлозија предизвикуваат следните појави:

- експлозија на прегреан парен котел, каде што механичката работа се врши на сметка на енергијата на пареата која е настаната со испарување на врела вода (енталпија), која ја имала водата во котелот непосредно пред експлозијата,

- удар на метеор, каде што кинетичката енергија се претвора во топлинска при нагло сопирање, бидејќи телата кои се движат со брзина од 1,5 km/s и поголема при сопирањето имаат обележје на експлозија, затоа што доаѓа до жарење, топење и испарување на тие тела, при што нагло доаѓа до загревање на околниот воздух,

- експлозија на боца под притисок,

- експлозии кои настануваат при електрично празнење под висок напон, како што е молњата. Тогаш нагло доаѓа до загревање на околниот воздух, кој предизвикува зголемување на притисокот и нагла експанзија, во облик на ударен бран (гром),

- експлозии кои се појавуваат при осветлување на некоја материја со многу силни светлосни импулси, кои можат да се добијат од квантни генератори (ласери),

- потреси со голема енергија,

- вулкани,

- создавање на нови ѕвезди итн.

Физичките експлозии имаат ограничена примена и се интересни од гледиште на специјални научни истражувања.

2.1.2. Хемиски експлозии

Под поимот хемиска експлозија се подразбира самораспространувачки процес на хемиските реакции низ експлозивната материја. Заради големата брзина на одвивање на реакциите, процесот практично се одвива во волуменот на самата експлозивна материја. При одвивање на егзотермни реакции се ослободува топлина, која ги загрева гасните продукти кои се под многу висок притисок.

За да може хемискиот состав по своето одбележје да биде експлозивен, мора да бидат исполнети три основни услови:

- егзотермност,

- голема брзина на одвивање на реакцијата и
- создавање на гасни продукти.

Со овие три услови произлегува и факторот самораспространување, кој исто така мора да биде задоволен. Започнатиот процес на едно место мора спонтано да се пренесува по целата маса на експлозивната материја.

Сите гореспоменати фактори не се апсолутни и независни едни од други. Големата брзина на реакцијата не е одредена само со големината на константна брзина, туку и со температурата која настанува за време на реакцијата. Исто така, способноста за самопраспространување многу зависи од брзината на одвивање на реакцијата и топлинскиот ефект.

Присуството или отсутноста на гасови во продуктите на реакцијата, во одредена смисла е условено од топлинскиот ефект, кој сам по себе може да се измени во зависност од условите на одвивање на реакцијата, а пред сè од притисокот и температурата.

2.1.3. Нуклеарни експлозии

Нуклеарните експлозии се последица на верижни нуклеарни реакции кои можат да се одвиваат со фисија (делење) или фузија (спојување) на јадрото, пропратено со ослободување на многу голема количина на енергија во различни појавни облици:

- топлинска енергија ($4 \cdot 10^{13}$ – $4 \cdot 10^{18}$ KJ/kg),
- механичка енергија,
- енергија во облик на зрачење.

Експлозиите подетално се објаснети подоле во трудот.

2.2. Експлозивните материи

Експлозивните материи можат да се дефинираат како хемиски систем, односно соединенија и смеси кои се релативно нестабилни, кои се способни да под дејство на надворешно влијание (удар, триење, топлина), многу брзо да премине во постабилна состојба, при што се ослободува голема количина на топлина и гасови кои се

компримирани под висок притисок, а кои се способни во процесот на експанзија, за многу краток временски период да извршат голема работа над околината.¹⁸

Според Pleše Mladen, под поимот експлозивна материја се подразбира таков состав, кој е релативно нестабилен, кој има способност под дејство на надворешно влијание (почетен импулс – удар, триење, топлина) да премине (во термодинамичка смисла) во постабилен состав, при што извршува голема работа во создавање на гасовити продукти кои се загреани на неколку илјади степени целзиусови и под притисок од 20000000000 Pa.¹⁹

Експлозивна материја претставува соединение или смеса, кое хемиски е нестабилно и кое под дејство на надворешен импулс, како што се триење, удар, топлина предизвикува реакција, која од термодинамична гледна точка преминува во постабилен хемиски состав и за чие време извршува одредена работа со помош на гасните продукти кои се создадени како резултат на хемиската реакција, а кои се пропратени со многу висока температура и многу висок притисок.

Постои извесен број на хемиски соединенија, како што е јаглородната киселина, која не претставува експлозивна материја, иако при преминот од цврста во гасовита агрегатна состојба се развива голема количина на гас, но тоа ослободување на гасовите се врши заедно со апсорпција на топлината од околината.²⁰

Смесата на железо и алуминиум во прав исто така не е експлозивна материја, бидејќи при процесот на согорување не се развиваат гасови. Напротив, смесата на амониум нитрат и алуминиум во прав или смесата на јаглена прашина и на течен кислород се експлозивни материји, бидејќи во моментот на реакцијата настапува истовремено создавање на гасни продукти и ослободување на голема количина на топлина.²¹

2.2.1. Класификација на експлозивните материји

Според потеклото на топлината која се ослободува при хемискиот процес на разложувањето, експлозивните материји можат да се поделат во две групи.²²

Во првата група припаѓаат хемиските соединенија чиј молекул е ендотермен и која во својот молекул не содржи атоми на кислород. Неговото соединување од

¹⁸ Јеремић Р., *он. цит.*, стр. 26. (1)

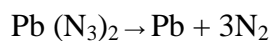
¹⁹ Pleše M., *op. cit.*, стр. 20. (1)

²⁰ Maksimović V. P., *op. cit.*, стр. 9. (1)

²¹ Maksimović V. P., *op. cit.*, стр. 9. (1)

²² Miraour H., „*Poudres et explosifs*“, Paris, 1947. (1)

елементите се врши со врзување на топлината и ослободувањето на топлината настанува исклучиво при распаѓањето на молекулата на своите составни атоми. Таква експлозивна материја е оловниот азид, кој при процесот на експлозија се распаѓа според равенката:



Во другата група припаѓаат експлозивните материи чиј молекул е егзотермен и неговото соединување се врши со ослободување на топлина. Распаѓањето на овој молекул врзува топлина и тоа не може да ослободи енергија. Меѓутоа, како експлозивни материи содржат и кислородни групи, па затоа ослободувањето на топлината настанува во самиот молекул (атомите на јаглеродот и водородот од една страна и кислородот од кислородната група од друга страна). При овој процес, во зависност од расположивите количини на кислород во молекулата, настануваат јаглероден диоксид, вода, јаглероден моноксид, водород, метан и сл. Оваа група на експлозивни материи припаѓа во експлозивни смеси кои се состојат од една супстанција која е носител на кислородот (хлорати, перхлорати, нитрати, течен кислород итн.) и една согорлива материја (нитродеривати, јаглероден водород, јаглерод и сл.).²³

Во денешно време постојат голем број експлозивни материи, кои меѓусебно се разликуваат, како по својот состав, така и по своите физичко – хемиски и експлозивни особини.²⁴ Класификацијата, односно поделбата на експлозивните материи е потребна од аспект на нивно полесно проучување, а воедно и истражување.

Поделбата на експлозивните материи може да се изврши од неколку аспекти:

- поделба според намената (употребата),
- поделба според агрегатната состојба,
- поделба според хемискиот состав.²⁵

2.3. Поделба според агрегатната состојба

Според агрегатната состојба, експлозивните материи се делат на гасовити, течни и цврсти експлозивни материи.²⁶

²³ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 9. (1)

²⁴ Акаван Ж., *он. цит.*, стр. 23. (1)

²⁵ Pleše M., *op. cit.*, str. 21. (1)

²⁶ Pleše M., *op. cit.*, str. 21. (1)

а) Гасовити експлозивни материи. Заради малата концентрација на енергија, гасовитите експлозивни материи многу ретко се применувале во пракса. Тие при детонација или дефлаграција развиваат 200 до 2000 пати помала енергија во единица волумен отколку кај течните и цврстите експлозивни материи. Затоа гасовитите експлозивни материи се користеле во погонот на топлинските мотори со внатрешно согорување. Меѓутоа, благодареејќи на оптичката спроводливост и релативно ниските притисоци на детонација, со примена на различни експериментални методи, се проучуваат феномените на согорување, детонација, преминот на согорувањето во детонација, механизмите на експлозивните процеси итн.

Реална опасност од експлозија на различни гасовити смеси постои во пракса. Имено, до експлозија може да дојде во рудниците за јаглен каде што честопати има голема концентрација на метан, како и други смеси во индустријата за гасови, доколку се постигнат одредена концентрација и со помош на искра, варничење, пламен и сл., дојде до несакано иницирање на експлозија.

Со откривањето на посебниот вид на гасовита експлозивна материја, а тоа е т.н. аеросолна бомба, почнува нова ера во проучувањето и примената на гасовитите експлозивни материи, посебно за воени цели.

Аеросолите претставуваат збир на цврсти или течни честички во воздухот, со пречник до неколку микрони. Експлозивните аеросоли настануваат со распрашување на погонски органски материи во воздухот, кои се во состојба да при дејство на соодветен надворешен импулс детонираат во моментот кога нивната концентрација достигнува долна критична граница на детонација.²⁷

За формирање на првата генерација на аеросолни експлозивни материи користени се метил – ацетилен, пропан, бутан и нивни смеси.²⁸

Втората генерација на аеросолни експлозивни материи претставува премин на примената на течните органски соединенија, од кои најпознати се етиленоксид, пропиленоксид и нитрометан.

Најновата генерација на аеросолни експлозивни материи, покрај запаливите течни соединенија, содржи и различни метални прашини, како што се алуминиум, магнезиум, бор и циркониум, со што е зголемено рушечкото дејство.

²⁷ Јеремић Р., *оп. цит.*, стр. 27. (1)

²⁸ Јеремић Р., *оп. цит.*, стр. 27. (1)

Аеросолните експлозивни материи се покажале многу ефикасни во борбата против заштитените и вкопани цели, каде што останатите убојни средства се помалку ефикасни.

Најновите аеросолни бомби имаат рушечко дејство до 500 m, додека жива сила убиваат до 1000 m.

б) Течни експлозивни материи. Течните експлозивни материи имаат голема разорна моќ, меѓутоа заради преголемата осетливост и намалена стабилност, не се применуваат многу во пракса. Најчесто се користат како смеси со цврстите експлозивни материи или некои други компоненти.

Нитроглицеринот, како претставник на течните експлозивни материи, заради специфичните својства на желатинизација на нитроцелулозата, се применуваат како компоненти на барутите и ракетните горива.

в) Цврсти експлозивни материи. Во оваа група спаѓаат најголемиот број на експлозивни материи. Според својствата кои ги поседуваат, тие претставуваат најпогодни за примена во пракса, како во воени, така и во стопански цели.

2.4. Поделба според хемискиот состав

Според хемискиот состав, експлозивните материи се делат на две основни групи:

а) Во првата група спаѓаат експлозивните материи чии молекули содржат сè што им е потребно за да настане експлозија. Во таа група спаѓаат само чисти хемиски соединенија и механички смеси на повеќе чисти хемиски соединенија.²⁹ Молекулите на овие експлозивни материи претставуваат две активни групи на атоми кои се поврзани или разделени со пасивна преграда. Активни атоми најчесто се атомите на јаглерод и кислород, додека преградата се состои од атомите на азот. Зголемувањето на температурата на експлозивната материја, без оглед на тоа дали е резултат на удар, триење или топлина, се зголемува и брзината на движење на нејзините молекули. Тоа доведува до зголемување на бројот на успешни молекуларни судари, а како резултат на нив доаѓа до распаѓање на молекулите на експлозивната материја. Активните атомски групи се ослободуваат од преградата и меѓусебно реагираат со создавање на нови

²⁹ Pleše M., *op. cit.*, str. 22.

групи со доста голема брзина, кои претставуваат носители на енергијата на гасовитите продукти од експлозијата.

б) Втората група ја сочинуваат експлозивни материи, кои се состојат од смеси на честички кои се составени од различни молекули. Во оваа група на честички спаѓаат:

- сензибилизатори, кои се користат за полесно активирање,
- горива, кои се носители на атомите на јаглерод,
- оксиданси, кои се носители на атомите на кислород.³⁰

Постои и т.н. трета група на честички, каде што понекогаш самиот кислород од околниот воздух ги претставува честичките. Овие експлозивни материи уште се нарекуваат и аеросоли.

2.5. Поделба според намената (употребата)

Поделбата на експлозивните материи според нивната употреба, посебно во воени цели е повеќенаменска. Тие служат за исфрлување на зрната од цевката на пешадиското и топовското вооружување, за иницирање на другите експлозивни материи кои помалку се чувствителни при надворешно дејствување, за распрскување на кошулката на проектилот или некое друго дејствување на проектилот на целта.

Врз основа на начинот на употреба, експлозивните материи се делат на следните групи:

- а) иницијални (примарни),
- б) бризантни (разорни, секундарни),
- в) погонски (барутни и ракетни горива),
- г) пиротехнички смеси.

2.5.1. Иницијални експлозивни материи

Иницијалните експлозивни материи, кои уште се нарекуваат и примарни, се применуваат како иницијатори на експлозивниот процес, односно за поттикнување на детонација на бризантните експлозивни материи и за согорување на погонските

³⁰ Pleše M. *op. cit.*, str. 22. (1)

експлозивни материи.³¹ Детонацијата на примарните експлозивни материи настанува при изложување на топлина или шок. При детонација, молекулите во експлозивната материја се распрснуваат и создаваат огромно количество на топлина.³²

Карактеристични својства за иницијалните експлозивни материи се следните:

а) имаат способност за детонација под дејство на релативно мали надворешни топлотни или механички влијанија,

б) непосредно помало време на постигнување на максимална брзина на експлозивно разложување во однос на останатите експлозивни материи, со што за поттикнувањето на детонацијата на бризантните експлозивни материи е потребно многу мала количина на иницијатор.

Иницијалните експлозивни материи се лаборатораат во иницијални и детонаторски каписли со различна форма и димензии, зависно за кој вид на средство се применуваат. Некои иницијални експлозивни материи се применуваат за полнење на припални елементи.

Најважни представници на оваа група на експлозивни материи се:

а) Фулминати – соли на фулминска киселина и некои метали. За практични цели најважен е живиниот фулминат, $\text{Hg}(\text{C} \equiv \text{NO})_2$, чија што точка на топење е 433,15 К проследена со разложување, додека брзината на детонација е 3.500 m/s.

Останати карактеристики на живиниот фулминат се следните:³³

- моларна маса: 284,65 kg/mol,

- боја и форма на кристалот: бојата се менува од бела до темно сива. Разликата во бојата зависи од кристалите на живиниот фулминат и тоа сивата боја потекнува од моноклиничките, а белата боја од игличестите кристали. Сивиот фулминат е со чистота од 99,7 – 99,9%, додека белиот од 99,3 – 99,4%,

- содржина на азот: 9,85%,

- балансот на кислород: - 17%,

- кристална густина: 4,42 – 4,43 g/cm³,

- насипна густина: 1,22 – 1,6 g/cm³ (зависи од формата и големината на кристалот),

- топлина на создавање: - 0,925 kJ/g,

- топлина на согорување: 3,93 kJ/g,

³¹ Јеремић Р., *оп. цит.*, стр. 28. (1)

³² Акаван Ж., *оп. цит.*, стр. 24. (1)

³³ Othmer K., „*Encyclopedia of Chemical technology*“, Vol. 9, 1980, NY. (1)

- топлина на експлозијата: 1,79 kJ/g,
- енергија на активирање: 124 kJ/mol,
- специфична зафатнина на гасовите: 243 l/kg,
- температура на топење со разложување: 433,15 K,
- температура на samozапалување: 483,15 K за 5 s, 512,15 K за 1 s, 536,15 K за 0,1 s,
- брзина на детонација: при густина од 2 g/cm³ - 3500 m/s, при густина од 3 g/cm³ - 4250 m/s, при густина од 4 g/cm³ - 5400 m/s,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT = 100: 5,
- осетливост на триење: 1000×10^{-2} N,
- релативна енергија во однос на TNT = 100: 50,
- осетливост на статички електрицитет: 5000 V предизвикува детонација,
- осетливост на зголемена температура: на температура до 303,15 K нема промена. На температура над 323,15 K настанува разложување на живиниот фулминат, кој го забрзува зголемувањето на температурата и релативната влажност на воздухот. Промената на квалитетот при зголемената температура се воочува со промената на бојата, која станува жолтеникава,
- осетливост на дневна светлина: дневната светлина влијае на разложувањето на живиниот фулминат со издвојување на гасовити продукти. Сивиот фулминат е попостојан на дневна светлина околу 50% од белите кристали,
- осетливост на ултравиолетови зрачења: постои одредена аналогија помеѓу ултравиолетовото зрачење и загревање на 373,15 K, бидејќи и во двата случаја живиниот фулминат се разложува според равенката:

$$(\text{CNO})_2\text{Hg} \rightarrow \text{Hg} - 2\text{CO} + \text{N}_2$$
- осетливост на влага: влагата ги намалува експлозивните особини на живиниот фулминат и при влажност од 5% доаѓа до делумна експлозија при удар. При влажност од 10% фулминатот се разложува без детонација, додека при влажност од 30% не настанува хемиско разложување,
- растворливост: 100 g вода раствара на 285,15 K = 0,07 g живин фулминат, на 322,15 K = 0,175 g, а на 373,15 K = 0,77 g живин фулминат. Од топлиот воден раствор живиниот фулминат кристализира со 0,5 молекули H₂O и добиените кристали се со жолтеникава боја, 100 g триетаноламин N(CH₂CH₂OH)₃ раствара 28 g живин фулминат, а диетаноламин NH(CH₂CH₂OH)₂ раствара 40 g. Од растворот, во тек на разблажување со вода или слаби киселини, се излачуваат кристали на живин фулминат.

Смесата од амонијак, етанол и вода во однос 2:1:1 се користеле за рекристализација на живиниот фулминат,

- реакција со киселини и алкали,

- азотната киселина го раствара живиниот фулминат и во исто време го разложува. При контактот на сувиот живин фулминат со концентрираната азотна киселина настанува многу бурна реакција,

- царската вода многу брзо го раствара живиниот фулминат со создавање на гасни продукти кои ги надразнуваат очите (со веројатност дека настанува хлорпикрин),

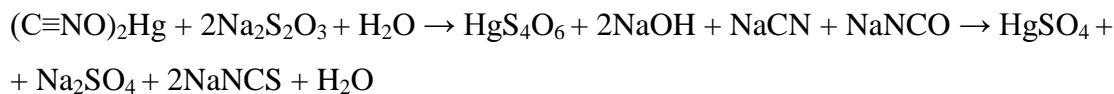
- при контакт на концентрирана сулфурна или хлоросулфурна со сув живин фулминат, настанува моментална детонација,

- хлороводородната киселина го разложува живиниот фулминат според равенката:



- концентрираните алкални хидроксида многу брзо го разложуваат живиниот фулминат,

- натриумтисулфатот реагира со живиниот фулминат според равенката:



- компатибилност: сувиот живин фулминат брзо реагира со алуминиумот и магнезиумот, а побавно со бакарот, цинкот, бронзата и месингот. Влажниот живин фулминат моментално реагира со алуминиумот и магнезиумот, а брзо со бакарот, цинкот, бронзата и месингот.

Во текот на реакцијата со бакарот настанува бакар фулминат $(C\equiv NO)_2Cu$, кој е зеленкасто обоен и помалку осетлив на удар, а повеќе е осетлив на триење од живиниот фулминат. Недоволно чистиот живин фулминат, кој има траги од елементарна жива, со металите создава амалгами.

При производството на иницијалните средства, внатрешноста на капислата или детонаторот мора да биде заштитена со слој на лак, иницијалната смеса се херметизира за да се избегне влијанието на влагата.

➤ Синтеза на живиниот фулминат.³⁴

Доколку синтезата на живиниот фулминат не е потполна, во настанатиот продукт може да има елементарна жива. За да се избегне тоа, на масата на реакција се

³⁴ Bagal I. L., „Hemija i tehnologija inicijalnih eksploziva“, 1975, Moskva. (1)

додаваат различни супстанции (хлороводородна киселина, бариум хлорид, натриум хлорид, соли на бакарот или цинкот), кои ја преведуваат металната жива во водата во растворени соли и каталитички дејствуваат на процесот на синтеза. Најчесто се користи бакар хлорид (3 g на 100 g на употребена елементарна жива) или цинк во прав (8 g на 100 g жива).

Во Erlenmeyer-ов сад³⁵ од 200 cm³ се става 96 ml азотна киселина со густина од 1,38 – 1,4 g/cm³, а потоа азотната киселина се загрева во водено купатило на температура од 323,15 – 333,15 K. Во азотната киселина се додаваат 15 g елементарна жива и се раствара при температура од 323,15 – 333,15 K. Во лабораториска чаша од 500 cm³ се става 150 cm³ 96,5% етанол и во водено купатило етанолот се загрева на температура од околу 303,15 K. Кога етанолот е загреан, во чашата се става раствор од живин нитрат во азотна киселина. Температурата се зголемува постепено, како резултат на егзотермна реакција, додека не се достигне максималната вредност од 357,15 K. Во текот на реакцијата настануваат густе бели димови, кои подоцна стануваат потемни. Тогаш, за да се смири реакцијата, се додава 96% етанол, при што исчезнуваат црните димови и повторно се појавуваат бели. Вкупната количина на етанол не треба да биде поголема од 200 cm³.

Кога реакцијата е завршена, масата се остава во чашата додека да се излади на собна температура, а потоа се процедува низ Büchner – ова инка со филтер – хартија со малку вакуум. Добиените кристали живин фулминат се испираат со дестилирана вода до состојба на неутрална реакција и со влага од околу 30% се истура во пластичен сад со поклопец и се чуваат под вода.

Матичните алкали и водата од испирањето се неутрализираат со постепено додавање на концентриран раствор од калиум, натриум хлорид или натриум карбонат, при што настанува разложување на живиниот фулминат.

Белите димови, односно црните кои настануваат при синтезата се токсични, па операцијата мора да се изведува во дигестор.

Примена на живиниот фулминат.

Живиниот фулминат првенствено се користи како примарно полнење во детонаторските каписли кои се иницираат со пламен, детонаторски штапин или електродетонатор. Се избегнува негова примена во иницијални каписли за стрелачка и друга муниција заради изразито кородирачко дејство на гасните продукти,

³⁵ Davis, „*The Chemistry of Powder and Explosives*“, 1953, NY. (1)

издвојувањето на елементарната жива и честото изложување на муницијата во тропски услови (високи температури и релативна влажност на воздухот, кои влијаат на негово разложување).

Освен издвојувањето на елементарната жива, која со бакарот од месингот на чаурата создава амалгам кој влијае на распрскување на чаурата на куршумите, со што се оневозможува повторна употреба на чаурата, иницијалните смеси на база на живин фулминат ги создаваат и следните непријатности:

- калиум хлоридот се таложи во внатрешноста на цевката на оружјето и орудието, кое тешко се отстранува со чистење. Со тек на времето, со присуство на влага од воздухот, се ослободува многу активен хлорен јон кој ја кородира цевката,

- сулфур диоксидот со влагата од воздухот создава сулфурна киселина, која исто така ја кородира цевката.

➤ Сребро фулминат.

Карактеристики на сребро фулминатот (AgF) се следните:³⁶

- моларна маса: 149,9 kg/mol,
- содржина на азот: 9,34%,
- изглед и боја: бели кристали или аморфна маса,
- кристална густина: 4,09 g/cm³,
- топлина на создавање: 178,9 kJ/g,
- температура на топење со експлозија: 443,15 K,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT = 100: 11,9,
- осетливост на триење: 800x10⁻² N,
- растворливост во вода g/100 g: на 286,15 K = 0,0075, на 303,15 K = 0,018, на 373,15 K = 0,250,
- во HNO₃: нерастворлив,
- во HCl: се разложува,
- однесување на обична температура: во вода и без влијание на светлина е многу постојан,
- осетливост на дневна светлина: многу брзо потемнува по површината на кристалот,

³⁶ „Encyclopedia of explosives“, Vol. 6, Picatinny Arsenal, 1974, NJ. (1)

- способност за иницирање: споредбата помеѓу живиниот фулминат и сребро фулминатот изразена во грамови (g) за иницирање на секундарните експлозивни материи е дадена во следната табела:³⁷

	Тетрил	Пикринска киселина	Тротил	Тринитранизол	Тринитроксилен
сребро фулминат	0,02	0,05	0,095	0,23	0,30
живин фулминат	0,29	0,30	0,36	0,37	0,40

Синтеза на сребро фулминат.³⁸

Синтезата на сребро фулминатот се одвива на следниот начин: се додава 1 g сребро во прав во смеса од 8,5 g азотна киселина, со густина од 1,42 g/cm³ и 1,2 g вода загреана на 363,15 – 368,15 K и се остава среброто потполно да се раствори.

Растворот од сребро нитрат се загрева на 333,15 K. Во Erlenmeyer – ов сад од 150 cm³ се става 12,25 g 95% етанол и се поставува во водено купатило. Во етанолот се става раствор на сребро нитрат и реакцијата се одржува на 333,15 K со евентуално ладење со вода. Во текот на реакцијата се издвојуваат нитрозните гасови, па работата во дигесторот е задолжителна.

По издвојувањето на нитрозните гасови, во текот на следните 20 min. настанува издвојување на сребро азидот. Кристалите треба да се исперат со дестилирана вода и да се чуваат влажни во темен сад.

б) Азиди – соли на азотоводородната киселина и тешките метали, кои имаат линеарна структура.

Карактеристики на азотоводородната киселина се:^{39, 40, 41}

- моларна маса: 17,03 kg/mol,
- густина: 1,1 g/cm³,
- топлина на создавање: 263,3 kJ/mol,
- топлина на разложување: 280 kJ/mol,

³⁷ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (1)

³⁸ Davis, *op. cit.* (1)

³⁹ Othmer K., *op. cit.* (1)

⁴⁰ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (1)

⁴¹ Bagal I. L., *op. cit.* (1)

- температура на вриење: 310,15 K,
 - температура на мрзнење: 193,15 K,
 - изглед и боја: бистра течност со карактеристичен мирис,
 - рН вредност: 4,67,
 - брзина на детонација на безводна азотоводородна киселина: 8,1 km/s,
 - брзина на 70% воден раствор на азотоводородна киселина: 7,3 km/s,
 - токсичност: токсична е речиси како и цијановодородната киселина. Опасната доза е при концентрација од 0,005 – 0,007 mg/1 воздух,
 - осетливост на зголемена температура: загреана на 373,15 K азотоводородната киселина силно експлодира,
 - осетливост на ултравиолетово зрачење: изложена на ова зрачење азотоводородната киселина се разложува на амонијак и азот,
 - реакција со вода: водените раствори на азотоводородната киселина на обична температура долго остануваат стабилни. При концентрација на N₃H поголеми од 60% воден раствор е многу силна експлозивна материја,
 - азотната киселина ја разложува азотоводородната киселина според равенката:

$$\text{HNO}_2 + \text{HN}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$$
 - при реакција со оцетна киселина, во присуство на H₂SO₄ настануваат амини,
 - при реакција со фулминска киселина настанува формилазидиоксим, кој потоа се изомеризира во окситетразол,
 - при реакција со алуминиумот HN₃ создава алуминиумнитрид,
 - при реакција со бакар, цинк, железо, никел, литиум, натриум, калиум, рубидиум, везиум и други, азотоводородната киселина гради соли, т.н. азиди.
- Од сите азиди, како иницијална експлозивна материја во пракса најмногу се применува оловоазид, Pb (N₃)₂.

➤ Оловоазид.

Карактеристики на оловоазидот.⁴²

- моларна маса: 291,26 kg/mol,
- содржина на азот: 28,86%,
- изглед и боја: кристали кои се јавуваат во две алотропски модификации:

⁴² Othmer K., *op. cit.* (1)

алфа-облик: кристали со орторомбоиден систем со кристали со густина од 4,71 g/cm³. Настанува со двојна размена помеѓу натриумазидот и оловонитратот на обична температура.

бета-облик: кристали на моноклиничен систем со кристали со густина од 4,93 g/cm³. настанува со дифузна метода на реакција помеѓу натриумазид и оловонитрат. Поосетлив е на удар од алфа-обликот.

- топлина на создавање: -1,45 kJ/g,
- топлина на согорување: 2,62 kJ/g,
- топлина на експлозијата: 1,54 kJ/g,
- температура на експлозијата: 4003,15 K,
- температура на топење со разложување: 518,15 – 523,15 K,
- температура на самозапалување со експлозија: 603,15 – 618,15 K,
- специфична зафатнина на гасовите: 308 l/kg,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT = 100: 11,
- релативна енергија во однос на TNT = 100: оловен блок 40,
- осетливост на триење: 20×10^{-2} N,
- брзина на детонација при густина од 3,8 g/cm³: 4500 m/s,
- брзина на детонација при густина од 4,6 g/cm³: 5400 m/s,
- осетливост на зголемена температура: без промени издржува 25 месеци на 323,15 K и 15 месеци на 353,15 K. При загревање во вакуум на 373,15 K во текот на 40 часови 1 g оловоазид ослободува 0,4 cm³ гас. Неговото разложување започнува после загревање од 24 часа на 393,15 K,

- растворливост: 100 cm³ вода на 291,15 K раствара 0,023 g олово азид, додека на 343,15 K раствара 0,090 g

100 cm³ концентриран раствор NaNO₃ на 291,15 K раствара 0,125 g, додека на 353,15 K раствара 0,487 g

100 cm³ концентриран раствор натриум ацетал на 291,15 K раствара 1,542 g, додека на 353,15 K раствара 2,020 g

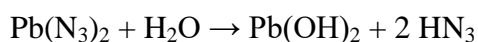
100 g моноетаноламин раствара 146 g олово азид, а таложето на кристалите може да се изведе со помош на разблажување со вода или со разблажување со оцетна киселина,

- хигроскопност: олово азидот не е хигроскопен,
- осетливост на дневна светлина: под дејство на светлината сувиот олово азид многу брзо ја менува бојата и станува темно црн. Оваа промена на бојата на кристалите

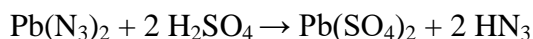
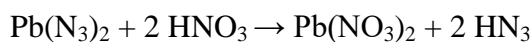
настанува најверојатно од површинското разложување на оловото азид на олово и на азот. Надградениот слој го штити оловото азид од понатамошно разложување и не влијае особено на неговата осетливост на иницирање. Меѓутоа, доколку олово азидот под вода се изложи на дејство на светлина, настапува негово разложување,

- осетливост на радиација: кога се изложува на рентгенски зраци, настапува разложување на олово азидот со создавање на олово карбонат,

- реакција со вода: после долготрајно загревање во вода, олово азидот се разложува според равенката:



- реакција со киселини: азотната и сулфурната киселина го разложуваат оловото азид според равенките:

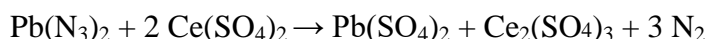


Оцетната киселина на зголемена температура го раствара олово азидот со истовремено разложување на олово ацетат и азотоводородна киселина,

- реакција со нитрити: разложувањето на олово азидот во сулфурна или азотна киселина во присуство на нитрити не се создаваат токсични и експлозивни азотоводородни киселини, туку разложувањето се одвива според равенката:



- реакција со цериум сулфат: во водена суспензија олово азидот се разложува под дејство на цезиум сулфат, при што се издвојува азот:



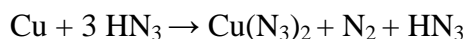
Оваа хемиска реакција се користи за квантитативно одредување на олово азидот,

- реакција со металите (компатибилност):

а) сувиот олово азид не реагира со алуминиумот, бакарот и неговите легури,

б) влажниот олово азид во присуство на CO_2 не реагира со алуминиумот,

в) влажниот олово азид во присуство на CO_2 или некоја друга киселина или кисели продукти, ослободува азотоводородна киселина која реагира со бакарот и неговите легури, создавајќи многу осетлив азид на бакарот (оксидот на бакарот полесно реагира од бакарот),



г) сувиот и влажниот олово азид не реагира со нерѓосувачки челик.

Синтеза на олово азидот.⁴³

Синтезата на олово азидот се заснова на реакција на двојна измена помеѓу натриум азидот и оловонитратот или олово ацетатот.

Растворите се изработуваат на следниот начин: за растворот А, се раствараат 2,33 g натриум азид во 70 cm³ дестилирана вода, во која е додадено 0,058 g натриум хидроксид. Добиениот раствор се истура во инка капка по капка.

Растворот Б се изработува на следниот начин: се раствара 5,9 g олово нитрат и 0,35 g декстрин во 90 cm³ дестилирана вода, во која е додадено неколку капки 10% раствор NaOH, така да рН да биде околу 5. Растворот Б кој се наоѓа во „Ругех“ чаша се поставува на водено купатило и се загрева на 333,15 – 338,15 K. Со стално мешање со мешалка од пластика или тврда гума, постепено капка по капка растворот А се префрлува во растворот Б. Мешањето на реактантите мора да биде многу ефикасно за да се избегне создавање на крупни, нестабилни кристали. Додавањето на растворот А трае околу 10 минути. Потоа треба да се тргне чашата од воденото купатило и се продолжува со мешањето еден час, додека реакциската маса не се излади до собна температура. Потоа се вади мешалката од чашата и се измива со млаз од дестилирана вода (испирањето се врши во чашата).

Талогот од олово азид се процедува преку Büchner – ова инка од пластика и се испира со дестилирана вода до неутрална реакција (лакмус).

Испраниот талог многу внимателно се истура со шпатула од тврда гума, заедно со филтер – хартијата, на прозирно стакло и се суши 16 часови на 338,15 K. Во алкалот и водата од испирањето се додава натриум нитрат и сулфурна киселина за да се разори оловото азид.

Примена.⁴⁴

Заради својата нехигроскопност и висока хемиска стабилност, олово азидот речиси потполно го има потиснато живиниот фулминат како иницијална експлозивна материја во детонаторите и капислите. За да му се зголеми осетливоста на пламен и на искра, над него се става слој кој овозможува заштита на оловото азид од влијание на јаглерод диоксид и од влага. Пресувањето на оловниот азид може да биде под многу висок притисок.

⁴³ Davis, *op. cit.* (1)

⁴⁴ Le Roux A., „*Les explosifs d'amorsage*“, Lab. centrale des poudres, 1955, Paris. (1)

➤ Сребро азид, AgN_3 .

Карактеристики.⁴⁵

Сребро азидот ги има следните карактеристики:

- моларна маса: 150 kg/mol,
 - содржина на азол: 28,3%,
 - изглед и боја: безбојни орторомбоидни кристали,
 - кристална густина: 5,1 g/cm³,
 - топлина на создавање: -2,07 kJ/g,
 - топлина на согорување: 4,34 kJ/g,
 - топлина на експлозијата: 1,90 kJ/g,
 - енергија на активирање: 146 kJ/mol,
 - температура на топење со разложување: 525,15 K,
 - температура на самозапалување: 563,15 K,
 - осетливост на триење: 20×10^{-2} N,
 - релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 18,
 - релативна енергија на удар во однос на TNT=100: 45,
 - хигроскопност: во тек на 15 дена на 298,15 K и релативна влажност на воздухот од 90% апсорбира влага 0,04%,
 - растворливост: 100 g вода раствара 0,006 g азид, 100 g етанол раствара 0,006 g азид, 100 g ацетон раствара 0,015 g азид,
- добро се раствара во воден раствор на амонијак, од кој кристализира во облик на долги игличести кристали кои можат да достигнат должина од 10 mm, кои се многу осетливи на удар,
- осетливост на зголемена температура: загреван подолго на слободен воздух или во вакуум, сребро азидот се разложува на азот и елементарно сребро. Во текот на 24 часовно загревање при температура од 348,15 K не се забележуваат промени.
 - осетливост на дневна светлина: дневната светлина го разложува сребро азидот,
 - реакција со вода и CO_2 : загреван во вода што врие, без присуство на светлост, сребро азидот се разложува на сребро и азот (не е забележано присуство на азот водородородна киселина).

Јаглородниот диоксид во присуство на влага не реагира со сребро азидот.

⁴⁵ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (1)

- способност за иницирање: во табелата се дадени податоци за способност за иницирање на некои иницијални експлозивни материи.

Иницијални експлозивни материи	Потребно за иницијација (g)		
	Тротил	Тетрил	Пикринска киселина
Олово азид	0,09	0,025	0,025
Сребро азид	0,07	0,02	0,035
Живин фулминат	0,36	0,29	0,31

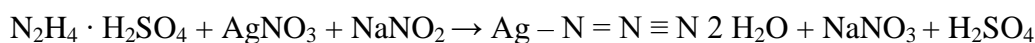
Синтеза на сребро азидот.⁴⁶

Синтезата на сребро азидот се одвива на следниот начин:

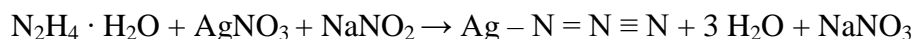
а) Со двојна замена во реакцијата на азидот со натриум и сребро нитрат:



б) Со реакција на хидразин сулфат, сребро нитрат и натриум нитрат:



в) Со реакција на хидразин, сребро нитрат и натриум нитрат:



По оваа постапка приносот на сребро азид изнесува 90%.

Според Rinkenbach, ситни кристали на сребро азид се добиваат на следниот начин: раствор од 44 g сребро нитрат во 50 cm³ дестилирана вода се става капка по капка во раствор од 13,5 g натриум азид во 75 cm³ дестилирана вода со повремено мешање. Добиениот талог се процедува низ сито и на него се испира со вода, етанол и дретилетром. Потоа сребро азидот се суши со проток на сув воздух во ексикатор со сулфурна киселина.

➤ Натриум азид, NaN₃.⁴⁷

Карактеристики.

- моларна маса: 65,02 kg/mol,
- содржина на азот: 64,63%,
- изглед и боја: бели хексагонални кристали,
- кристална густина: 1,847 g/cm³,
- топлина на создавање: -5,08 kJ/g,
- топлина на активирање: 10 – 43 kJ/mol,

⁴⁶ Davis, *op. cit.* (1)

⁴⁷ Bagal I. L., *op. cit.* (1)

- растворливост: во ацетон, хлороформ, хексан, трихлоретилен и етилацетат помал од 0,005 g/100 g на 298,15 K, во етанол 0,22 g и метанол 2,48 g/100 g, во вода на 283,15 K = 40,2 g/100 g, на 290,15 K = 41,2 g/100 g

во амонијак на 273,15 K = 28 % и 35,6% на 373,15 K.

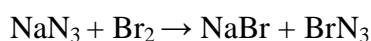
- влијание на температура: при загревање над 523,15 K се разложува на натриум нитрид (Na₃N),

- влијание на светлина: брзо се разложува,

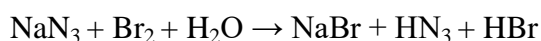
- токсичност: токсичен е како азотоводородна киселина. Смртоносна доза (инјекција) е 66 mg,

- реакција:

а) со сув бром NaN₃ реагира со создавање на нестабилен, експлозивен бром азид:



б) со бромна вода реагира со издвојување на азотоводородна киселина:



в) водниот или алкохолниот раствор NaN₃ реагира со азидот на бакар Cu(N₃)₂ создавајќи натриум – триазид – купрат Na/Cu(N₃)₃/, која детонира на 489,15 K и многу е осетлив на удар.

г) Натриум азидот лесно и брзо реагира со хлоридите на киселината, создавајќи изоцијанити.

в) Динитродиазофенол, C₆H₂N₄O₅.

Карактеристики на динитродиазофенол се следните:⁴⁸

- моларна маса: 210,11 kg/mol,

- содржина на азот: 26,67 %,

- баланс на кислород: 38,09 %,

- изглед и боја: игличести или зрнести (плочести) кристали, зависно од водење на процесот на производство, со жолта до темно жолта боја,

- кристална густина: 1,65 g/cm³,

- насипна густина (игличестите): 0,27 g/cm³, зрнестите (плочестите) 0,80 g/cm³,

- топлина на создавање: +1,52 kJ/g,

- топлина на согорување: 11,03 kJ/g,

- топлина на експлозија: 3,42 kJ/g,

⁴⁸ Othmer K., *op. cit.* (1)

- температура на топење со разложување: 430,15 K,
- температура на самозапалување со експлозија: 453,15 K,
- брзина на детонација при густина од 0,9 g/cm³: 4400 m/s, при 1,5 – 1,6 g/cm³: 6600 m/s,
- стабилност: во вакуум на 373,15 K, 5 g за 40 часа издвојува 7,66 ml гас,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 10,
- осетливост на триење: 800x10⁻² N,
- релативна енергија во однос на TNT=100 – оловен блок: 110,
- осетливост на зголемена температура: загреван на 323,15 K во текот на 30 месеци не покажува знаци на разложување (на оваа температура живиниот фулминат издржува најмногу 9 месеци),
 - осетливост на дневна светлина: изложен на сончева светлина се разложува после 40 часа. Заради оваа појава динитродиазофенолот мора да се чува во темни садови,
 - осетливост на гама – зрачење: изложен на радијација почнува да се разложува после 45 денови,
 - хигроскопност: на 303,15 K и релативна влажност на воздухот од 90% апсорбира 0,04% влага,
 - растворливост: во вода на 298,15 K се раствара 0,08 g
100 g етилацетат на 323,15 K раствара 2,45 g
100 g метанол на 323,15 K раствара 1,25 g
100 g бензен на 323,15 K раствара 0,23 g
100 g етанол на 323,15 K раствара 2,43 g
100 g хлороформ на 323,15 K раствара 0,11 g
 Добро се раствара во хлороводородна и оцетна киселина,
 - однесување со киселините и алкалите: силните киселини не го разложуваат диазодинитрофенолот. Разблажените алкални хидрооксиди го разложуваат ова соединение со издвојување на азотот на обична температура. На тој начин се разложуваат отпадоците настанати со производство или преработка на динитродиазофенол.
 - компатибилност: не реагира со бакарот, железото и алуминиумот.
 - способност за иницијалност: на следната табела се дадени споредбените податоци за способноста за иницијација на експлозивните материји:

	Минимална количина на иницијална експлозивна материја изразена во g за активирање на секундарно полнење во детонаторска каписла (g)		
	живин фулминат	динитродиазофенол	олово азид
Пикринска киселина	0,300	0,115	0,025
Тротил	0,360	0,163	0,090
Тетрил	0,290	0,075	0,025
Тетранитроанилин	0,175	0,085	0,05
Хексанитродифениламин	0,165	0,075	0,05

- способност за пресување: ситните кристали на diazodinitrofenolот многу тешко се пресуваат заради малата насипна густина. Зрнестите и плочестите кристали многу лесно се пресуваат. Кај оваа иницијална експлозивна материја не е воочена појава на т.н. „мртвов“ отпресок.⁴⁹

Синтеза на diazodinitrofenol.⁵⁰

Појдовна суровина за производство на diazodinitrofenol е пикринската киселина, која во реакција со NaOH и Na₂S·9H₂O преминува во натриумова сол на пикринската киселина (натриум пикрамат).

Натриум пикраматот при дејство со натриум нитрат, во присуство на HCl, се diazотира во diazodinitrofenol.

а) Добивање на натриум пикрамат: во реакциски балон, кој што е снабден со мешалка, поставен на водено купатило, се додава 30 g пикринска киселина и се раствара во 1800 cm³ вода со истовремено додавање на 30 g 35% раствор на натриум хидроксид. Со мешање растворот се загрева на 318,15 – 323,15 K.

Се раствара 120 g кристален натриум сулфид во 300 cm³ вода со ефикасно мешање и се додава во реакциски балон.

Истовремено се додава 600 g Na₂S·9H₂O во 1200 cm³ вода и тој раствор, заедно со 328 g пикринска киселина во прав, во текот на следните 10 минути се додава во реакциски балон. Бидејќи процесот е егзотермен, реакциската маса треба да се лади со вода или смеса од вода и лед, така да температурата не надмине 338,15 K. Кога додавањето е завршено, се продолжува со мешање уште 10 минути, а потоа содржината од реакцискиот балон се истура во голем пехар и се остава најмалку 12 часа на собна температура, со цел да се наталожи натриум пикраматот.

Вишокот на матични алкали над талогот внимателно се одвојува и талогот се процедува преку Büchner-овата инка и се испира со 250 ml 10% воден раствор на NaCl, а потоа со 60 ml изладена вода со лед. Добиениот пикрамат се чува во влажна состојба.

⁴⁹ Maksimović V. P., „*Eksplzivne materije*“, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1985, str. 80. (2)

⁵⁰ Davis, *op. cit.* (1)

б) Синтеза на диазодинитрофенол: во стаклен прав со ефикасна мешалка, поставени во смеса од лед и соли, се додава 10 g натриум пикрамат во 120 cm³ 5% хлороводородна киселина. Кога ќе се добие хомогена суспензија, наеднаш во пехар се додава раствор од 3,6 g натриум нитрат растворен во 10 cm³ вода. Со постојано мешање и при температура од најмногу 303,15 K, реакцијата се води во следните 20 минути. Потоа талогот се процедува и се пречистува со рекристализација од ацетон (со растварање во него и таложење со додавање на вода и постојано ефикасно мешање).

г) Оловотринитрорезорцинат, C₆H₃N₃O₈Pb·H₂O.

Карактеристики.⁵¹

- моларана маса: 468,30 kg/mol,
- содржина на азот: 8,97%,
- баланс на кислород: -18,8%,
- изглед и боја: моноклинички кристали со темно жолта боја,
- кристална густина: 3,085 g/cm³,
- насипна густина: 1,4 – 1,6 g/cm³,
- топлина на создавање: 1,79 kJ/g,
- топлина на согорување: 5,24 kJ/g,
- топлина на експлозија: 1,91 kJ/g,
- специфична зафатнина на гасови: 368 l/kg,
- енергија на активирање: 250 kJ/mol,
- температура на топење: 533,15 – 583,15 K, во зависност од брзината на загревање со експлозијата,
- температура на самозапалување: 555,15 K за 5 секунди.
- брзина на детонација при густина од 2,9 g/cm³: 5200 m/s,
- осетливост на триење: 500x10⁻² N,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 8,
- релативна енергија во однос на TNT=100 – оловен блок: 40,
- хигроскопност на 298,15 K и релативна влажност на воздух од 90%: 0,05%,
- осетливост на електростатичко празнење: 0,0009 J,
- осетливост на зголемена температура: при загревање во текот на 2 месеци на 363,15 K не е забележано губење на масата. Загреан на 378,15 K губи за 3 часа 0,02%, за 6 часа 0,23%, за 9 часа 0,23% од масата,

⁵¹ Meyer R., „Explosivstoffe“, Verlag chemie, Weinheim, 1976. (1)

- осетливост на радијација: после 90 дена зрачење со гама – зраци од ^{198}Au , со јачина од 100000 г, не се забележани никакви промени. Количината на издвоениот гас после 90 дена изнесувала само $0,12 \text{ cm}^3/\text{g}$,

- осетливост на варница и електростатички празнења: извонредно е осетлив,

- осетливост на влага: со зголемување на содржината на влага се намалува осетливоста на удар, триење и варница, така што при содржина на влага од 30% е дозволено негово транспортирање,

- растворливост: на собна температура не се раствара во ацетон, етилтер, CS_3 , хлороформ, бензен и други органски растворувачи. Водата расртвара само 0,04% оловотринитрорезорцинат. Растворлив е во концентриран воден раствор на амониум ацетат и таа можност се користи при анализа на смесите кои содржат оловотринитрорезорцинат,

- реакција со киселини и алкали: минералните киселини го разложуваат тринитрорезорцинатот на олово, а CO_2 не делува на него. Алкалните хидроксида не делуваат на оловотринитрорезорцинат,

- компатибилност: сув или влажен не реагира со металите. При мешање со пикринската киселина, олово азидот, амониум нитратот, тетразенот, хлоратите и бризантните експлозивни материи не реагира. На следната табела е прикажано однесувањето на иницијалните експлозивни материи на зголемени температури. Губењето на маса е изразен во проценти, а времето во денови.

Иницијални експлозивни материи	Температури во К														
	323,15			343,15					363,15						
	Време на загревање во денови														
	100	200	250	10	20	40	50	100	2	4	5	10	15	20	50
олово азид	1	2			1		2	3		2	3	4	4,5	5	6
живин фулминат	0,5	2		0,7	2,5	7,8	13	16	0,5	0,8	3,5	8	15	17	20
гванилнитрозоамино-гванилтетразен		0,5	1			0,5	1,3	1,8	1	3	5	9	10	11	12
оловотринитрорезорцинат	после 300 дена нема промена			после 150 дена нема промена					после 50 дена нема промена						

Синтеза на оловотринитрорезорцинат.⁵²

Појдовна суровина за синтеза на оловотринитрорезорцинат е резорцин (1,3 хидроксибензен), кој со постапка во две фази преминува во 2,4,6 тринитрорезорцин. Во текот на првата фаза се изведува сулфизирање на резорциноот и создава дисулфо соединение. Со нитрирање на ова соединение настанува тринитрорезорцин. Со дејство на магнезиум оксидот на тринитрорезорциноот настанува тринитрорезорцинат на магнезиумот. При реакција со олово нитрат или олово ацетат настануваат двојни измени со создавање на оловотринитрорезорцинат и магнезиум нитрат (ацетат).

Тринитрорезорциноот ги има следните карактеристики:⁵³

- моларна маса: 245,1 kg/mol,
- содржина на азот: 17,15%,
- баланс на кислород: -35,9%,
- изглед и боја: кристали на тригонален систем, со жолтеникава боја и горчлив вкус,

- кристална густина: 1,829 g/cm³,
- топлина на создавање: -1,703 kJ/g,
- топлина на експлозија: 4,681 kJ/g,
- специфична зафатнина на гасови: 608 l/kg,
- температура на топење: 449,15 K,
- температура на самозапалување: 530,15 K,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 49,3,
- релативна енергија во однос на TNT=100: 94,4,
- растворливост: во вода на 289,15 K = 0,634%, а на 353,15 K = 2%, во етанол на 290,15 K = 6,22%, а на 341,15 K = 14,65%, во ацетон на 291,15 K = 31,31%, во бензен и толуен малку се раствара. Концентрираните HCl и HNO₃ го раствараат тринитрорезорциноот и по разблажувањето повторно се излачуваат кристали. Концентрираната H₂SO₄ и олеумот го раствараат тринитрорезорциноот, но при разблажувањето не излачуваат кристали, бидејќи најверојатно се создава тринитрорезорцин – сулфо киселина.⁵⁴

- компатибилност: тринитрорезорциноот не реагира со бакарот, среброто, оловото и кадмиумот. Бромот ја разложува оваа киселина на обична температура, со

⁵² Davis, *op. cit.* (1)

⁵³ Othmer K., *op. cit.* (1)

⁵⁴ Othmer K., *op. cit.* (1)

создавање на бромпикрин. Водениот раствор реагира со железото и цинкот со издвојување на водородот.

а) Синтеза на тринитрорезорцинот: во чаша од 400 cm³ се става 180 g 93 – 98% сулфурна киселина и со мешање со електрична мешалка се додава 18 g резорцин. После егзотермната реакција, температурата достигнува до 368,15 K. На таа температура се води процесот уште околу 30 минути, а потоа од инка се додава 20 g 98% азотна киселина и реакцијата се одржува 15 минути на 303,15 K, а потоа 20 минути на 313,15 K. Потоа во реакциската маса се додава уште 16 g HNO₃.

После тоа треба да се намали бројот на вртежи на мешалката за 2 – 3 пати, а кога ќе престане издвојувањето на кристалите реакцијата да се продолжи уште 30 минути. Масата се лади на собна температура држејќи ја цела ноќ и потоа процедувајќи ја преку сито. Се добива 36 – 40 g оловотринитрорезорцинат.

б) Подготовка на раствор за оловонитрат.

Во чаша од 500 cm³ се става 70 cm³ дестилирана вода и се додава 30 g оловонитрат. Добиениот раствор се процедува низ филтер – хартија во Ealenmajer-ов сад од 300 cm³. pH растворот треба да биде 2,6 – 3.

в) Подготовка на раствор за магнезиумтринитрорезорцинат.

Во чаша од 500 ml која е составена од мешалка и термометар и поставена на водено купатило, се става 200 ml дестилирана вода и 22 g магнезиум оксид (освен него може да се користи и NaOH или Na₂CO₃ и во тој случај се добива натриумова сол тринитрорезорцин) и 40 g Ng оловотринитрорезорцинат. Со мешање и загревање на 333,15 – 353,15 K настанува растворена Mg или Na сол. pH растворот треба да биде 2,5 – 3.

г) Таложеење на оловотринитрорезорцинатот.

Чаша од 700 cm³ со термометар и мешалка се поставува на водено купатило, се додава раствор од Mg (или Na) тринитрорезорцинат и се загрева на 313,15 K. Со постојано мешање, од инка за докапување се додава раствор од оловонитрат (или ацетат). При температура од 313,15 K реакцијата се одвива околу 2 часа. Потоа матичните алкали со декантирање се одвојуваат од жолто – портокаловите кристали, кои во чаша се перат со вода неколку пати (до неутрална реакција), а потоа се процедуваат низ сито. Добиените кристали се чуваат со влажност од 30%. Матичните алкали и водата од испирањата се неутрализираат со додавање на натриум карбонат, при што настанува олово нитрат и натриумтринитрорезорцинат. Со додавање на

струготини од железо и сулфурна (хлороводородна) киселина настапува разложување на тринитрорезорцинатот.

д) Гванилнитрозоамино – гванилтетразен, $C_2H_8N_{10}O$.

Карактеристики.⁵⁵

- моларна маса: 188,15 kg/mol,
- содржина на азот: 74,47%,
- баланс на кислород: -57,6%,
- изглед и боја: безбојни или светложолти иглести кристали,
- кристална густина: 1,7 g/cm³,
- насипна густина: 0,5 – 0,9 g/cm³,
- температура на топење со разложување: 415,15 К,
- температура на самозапалување со експлозија: 433,15 К,
- специфична зафатнина на гасови: 1190 l/kg,
- топлина на создавање: 1,13 kJ/g,
- топлина на експлозијата: 2,75 kJ/g,
- хигроскопност на 303,15 К и релативна влажност на воздухот од 90%: 0,774,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 6,6,
- осетливост на триење: 800×10^{-2} N,

- осетливост на температура: на температура до 303,15 К нема промена. На температура над 323,15 К настанува разложување на гванилнитрозоамино – гванилтетразен, кој го забрзува зголемувањето на температурата и релативната влажност на воздухот. Промената на квалитетот при зголемената температура се воочува со промената на бојата, која станува жолтеникава,

- растворливост: во вода на 295,15 К = 0,02%, во етанол, ацетон, бензен, CCl_4 и дихлоретан е нерастворлив,

- реакција со вода: на обична температура не реагира со вода. При загревање на 333,15 К настапува силно разложување со издвојување на гасовити продукти,

- реакција со киселини: слабите минерални киселини (до концентрација до 10%) не дејствуваат на тетразен. Со концентрирани киселини создава соли,

- со HCl настанува хлорид ($C_2H_7N_{10}Cl$), кој има температура на самозапалување од 413,15 К. Хлоридот е многу осетлив на триење,

⁵⁵ Bagal I. L., *op. cit.* (1)

- со HJ настанува јодид ($C_{12}H_7N_{10}J$), кој кристализира во облик на жолтеникави кристали со температура на samozапалување од 403,15 K. При триење и загревање настанува експлозија,

- со $HClO_4$ создава перхлорат ($C_2H_7N_{10}ClO_4$) во облик на безбојни призматични кристали, кои експлодираат при триење и загревање. Температурата на samozапаливост е околу 413,15 K,

- со HNO_3 настанува нитрат ($C_2H_7N_{10}NO_3$) кој во вода хидролизира. Осетлив е на удар, температурата на samozапалување е 408,15 K,

- со H_2SO_4 настанува сулфат ($C_2H_7N_{10}SO_4$) кој при удар и триење експлодира. Температурата на samozапаливост е 413,15 – 418,15 K.

Напомена: солите на тетразенот со минералните киселини експлодираат на температура на samozапалување.

- реакција со алкални хидроксида: под дејство на KOH или NaOH тетразенот се разложува на тетразолазид, амонијак, цијанамид и вода,

- компатибилност: не реагира со челик, бакар, месинг, алуминиум, TNT.

Синтеза на тетразенот.⁵⁶

Појдовна суровина за синтеза на тетразенот е аминоквандиот, односно неговата сол (нитрат или сулфат). Аминоквандиот настанува:

а) со редукција на нитрогвандин,

б) со кондензација на цијанамид со хидразин,

в) со кондензација на хидразин со метил – изотиокарбамид.

По завршувањето на реакцијата масата се третира со раствор од натриум карбонат, па аминоквандиот се таложи во облик на кристали на аминоквандин – бикарбонат.

За да аминоквандиот – бикарбонат премине во сулфат се третира со разблажен раствор на сулфурна киселина. Аминоквандиот сулфат е во облик на бели кристали кои имаат точка на топење од 476,15 K со разложување. Во вода е растворен (25%). Тетразенот настанува со дејство на натриум нитрат на аминоквандинсулфатот според равенката:



⁵⁶ Davis, *op. cit.* (1)

ѓ) Пероксиди.

Пероксидите претставуваат соединенија⁵⁷ кај кои два атома на кислородот директно се меѓусебно поврзани со еднократна врска. Постојат неоргански пероксиди од типот H_2O_2 ($H - O - O - H$) и органски во кои едниот или двата атома на водорот се заменети со органски групи ($R - O - O - H$, односно $R - O - O - R'$).

Органските пероксиди можат да се добијат на еден од следните начини:

- со дејство на разблажен воден раствор на водород пероксид или Na_2O_2 на реактивни органски соединенија, како што се терцијарни алкохоли, киселини и анхидриди на киселините, хлориди на киселините, алдехиди, кетони, некои јаглеродни водороди итн.,

- со дејство на озон или озониран кислород на незаситени јаглеродни водороди, одредени пероксиди итн.,

- со оксидација на јаглероден водород, органско – метални соединенија итн.,

- со дејство на некои пероксиди и нивни натриумови соли на кетони, алдехиди, хлориди на киселините итн.

Постојат повеќе групи на органски пероксиди, меѓу кои:

а) Алкил – пероксиди, кај кои еден водороден атом е заменет со алкил – група (метил – хидропероксид),

б) Диалкил – пероксиди, кај кои двата водородни атоми се заменети со алкил – групи (диметил – пероксид),

в) Ацетил – пероксиди (пероцетна – киселина),

г) Диацетил – пероксиди (бензоил – пероксид),

д) Пероксидни деривати на алдехиди и кетони: моно – оксипероксиди, моно – оксихидропероксиди, диокси – пероксиди, дипероксиди, теипероксиди (ацетон – дипероксид),

ѓ) Ендопероксиди, кои имаат два атома на кислород кои се врзани директно во цикличен прстен (антрацен – ендопероксид),

е) Озониди,

ж) Различни групи: $-SO_3R$, $-M - O - R$, можат исто така да станат пероксиди (сулфонил – пероксиди, односно органометални пероксиди).

Освен наведените типови на пероксиди, постојат и многу различни видови.

⁵⁷ Calzia I., „Les substances explosives“, Dunod, Paris, 1969. (1)

Карактеристики на пероксидите.^{58, 59, 60, 61}

Чистите органски пероксиди можат да бидат течни или кристални. Нивна основна карактеристика е нестабилноста. Некои од нив можат да се запалат и да согоруваат, но повеќето органски од режим на согорување преминуваат во детонација. Заради таа опасност пероксидите главно се чуваат под некоја инертна течност или растворени во нереактивна материја. Структурните формули на овие соединенија покажуваат тенденција да имаат експлозивни особини. Меѓутоа, опасноста од експлозија се намалува доколку во молекулата има повеќе атоми на кислород. Природата на атомот на јаглеродот за кој се врзани пероксидните групи е детерминанта за стабилност на соединенијата. Така терцијарните алкил – хидропероксиди се постабилни од секундарните, додека пак секундарните од примарните алкил – хидропероксиди.

Органските перхлорати се особено осетливи на топлина, па со помош на диференцијална термичка анализа може точно да се утврди почетокот на термичкото разложување. Кај некои егзотермичкото разложување почнува на 303,15 К, додека кај повеќето е во интервал од 313,15 – 373,15 К. Ако количината е доволно голема, запалувањето ќе се трансформира во детонација (поретко во дефлаграција).

Реакцијата на егзотермичкото разложување може да се забрза со додавање на катализатори (терцијарни амини, полиамини, соли на тешки метали, меркаптани, сулфити, односно силни киселини и алкалии), при што температурата на самозапалување се намалува, додека ефектите на детонација се посилен.

Поголемите пожари на пероксидите многу тешко се гасат затоа што нивните молекули се самозапаливи, а ризиците од експлозија се многу големи.

И осетливоста на пероксидите на механички удари е многу голема, особено кај молекулите со мала моларна маса, кои се поосетливи од олово азидот, живиниот фулминат и оловотринитрорезорцинатот. Повеќето пероксиди можат да се користат и транспортираат само ако се флегматизирани, а да се транспортираат можат само кога времето е ладно затоа што нивната температура на автодекомпозиција е премногу ниска. Хидропероксидите се слаби киселини кои со алкалните и земноалкалните бази градат соли. Перкиселините се силни оксиданси и при контакт со нив амините

⁵⁸ Bagal I. L., *op. cit.* (1)

⁵⁹ „*Encyclopedia of explosives*“, Vol.7, Picatinny Arsenal, 1974. (2)

⁶⁰ „*Encyclopedia of explosives*“, Vol.8, Picatinny Arsenal, 1978. (3)

⁶¹ Calzia I., *op. cit.* (1)

преминуваат во азо, азокси, нитро или нитрозо деривати. Со алдехидите настануваат одговарачки киселини, додека сулфидите преминуваат во сулфони.

Со каталитичко хидрирање ендопероксидите создаваат циклични диоли. Ендопероксидите многу лесно се изометризираат во епокси – деривати и кетони.

При производство на пероксиди мораат да се применуваат мерките на заштита како и при производство на иницијалните експлозивни материи, а при нивна примена мора да бидат флегматизирани, растворени или потопени, со цел опасноста да се сведе на минимум. Како солвенти најчесто се користат фталати (диметил), парафинско масло, хексан итн. Дури и ако се растворени, пероксидите се осетливи на зголемени температури и можат за се палат на температури од 313,15 К до 358,15 К.

Органските пероксиди првенствено се користат како катализатори за полимеризација и за забрзување на реакциите во текот на производството и преработка на пластичните материјали. Имаат многу важна улога како средства за зацврстување на полиестерските смоли и како средства за оксидација и обезбојување. Од голем број на пероксиди кои имаат иницијални особини, заради голема осетливост на удар, триење, варница итн., само некои се применуваат како иницијални експлозивни материи.

а) Хексаметилентриперокси – диамин, $C_6H_{12}N_2O_6$.

Карактеристики.⁶²

- моларна маса: 208,1 kg/mol,
- содржина на азот: 13,46%,
- баланс на кислород: -92,2%,
- изглед и боја: ромбоидни безбојни кристали,
- кристална густина: 1,57 g/cm³,
- насипна густина: 0,66 g/cm³,
- топлина на создавање: -1,608 kJ/g,
- топлина на експлозија: 5,08 kJ/g,
- специфична зафатнина на гасовите: 813 l/kg,
- брзина на детонација при густина од 1,1 g/cm³: 5100 m/s,
- температура на топење со разложување: 423,15 К,
- температура на самозапалување со експлозија: 473,15 К,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 4,

⁶² Meyer R., *op. cit.* (1)

- растворливост на 295,15 K g/100 g растворач: вода, јаглен сулфид и етанол: 0,01%,

- оцетна киселина: 0,14%, ацетон: 0,33%, хлороформ: 0,34%,

- релативна енергија во однос на TNT=100: 110,

- осетливост на триење: 20×10^{-2} N,

- однесување на температури: загреан, хексаметилентриперокси – диамин се разложува со зголемување на температурата и времето на загревање и губи на маса во проценти според следната табела:

Време на загревање	333,15 K	348,15 K	373,15 K
2 часа	0,1	0,25	3,25
8 часа	0,35	0,6	29,6
24 часа	0,5	1,3	67,95
48 часа	0,5	2,25	/

Чуван во херметички садови на обична температура е многу стабилен.

- реакција со вода до 303,15 K: чуван 28 дена потопен во вода и после сушење на воздух не ги менува своите експлозивни карактеристики,

- реакција со вода која што врие: при загревање на 373,15 K во водата настанува хидролиза на хексаметилентриперокси – диамин со создавање на амонијак, формалдехид и мравја киселина:



- реакција со киселини и алкали: минералните и органските киселини и алкалните хидроксида, на собна температура го хидролизираат хексаметилентриперокси – диаминот,

- способност за иницирање: хексаметилентриперокси – диаминот е одлична иницијална експлозивна материја, што е прикажано во табелата:

Секундарни експлозивни материји	хексаметилентриперокси – диамин (g)	живин фулминат (g)
Тротил	0,08	0,36
Пикринска киселина	0,05	0,3
Тетрил	0,05	0,29

- компатибилност: многу брзо ги кородира металите, особено во влажна состојба.

Синтеза на хексаметилентриперокси – диамин.⁶³

При дејство со водород пероксид на хексаметилентетрамин и во присуство на лимонска киселина настанува хексаметилентриперокси – диамин, при температура која не преминува 273,15 К.

Се раствара 14 g хексаметилентетрамин во 45 g 30% водород пероксид со мешање. Пехарот се поставува во смеса од лед и сол. Потоа, со постојано мешање, постепено се додава 21 g лимонска киселина во прав, така што температурата да не преминува 273,15 К. Потоа се прекинува ладењето и реакциската маса се остава два часа на собна температура. Добиените кристали се процедуваат, испираат со дестилирана вода и се сушат што е можно побрзо (со претходно перење со етанол) на собна температура. Приносот изнесува околу 70% од теоретскиот.

2.5.2. Бризантни експлозивни материи

Бризантните експлозивни материи често пати се нарекуваат и секундарни или разорни експлозивни материи.⁶⁴ Се карактеризираат со детонација како основен облик на експлозивна преобразба. За да се исполни условот за детонација на бризантните експлозивни материи се применуваат иницијалните експлозивни материи, бидејќи едноставен почетен импулс не може со сигурност да предизвика детонација на бризантните експлозивни материи.⁶⁵

Барања кои треба да ги исполнуваат бризантните експлозивни материи се следните:

- непроменливост на особините на експлозивната материја на подолг временски период,
- што е можно поголема енергија во единица волумен,
- константна брзина на детонација,
- што е можно помала осетливост,
- доволно широка и евтина суровинска база.

Речиси сите бризантни експлозивни материи се добиваат со процес на нитрирање, т.е. со воведување на една или повеќе нитро групи (NO₂) во некои органски

⁶³ Davis, *op. cit.* (1)

⁶⁴ Pleše M., *op. cit.*, str. 23.

⁶⁵ Pleše M., *op. cit.*, str. 23.

молекули. Во тој случај, во зависност од врската помеѓу нитро – групата и основниот атом во органичниот молекул, бризантните експлозивни материји се поделени на:

- нитро – соединенија (врска C – NO₂),
- нитратни естери (врска C – O – NO₂),
- нитрамини (врска C – N – NO₂),
- различни експлозивни состави.

а) Нитро – соединенија (врска C – NO₂).

➤ Амониумтринитрофенолат (амониумпикрат), C₆H₆N₄O₇.

Карактеристики.^{66, 67}

- моларна маса: 246,14 kg/mol,
- содржина на азот: 22,77%,
- баланс на кислород: -52%,
- жолти кристали со кристална густина: 1,717 g/cm³,
- температура на топење со разложување: 538,15 – 544,15 K,
- топлина на создавање: -1,495 kJ/g,
- топлина на согорување: 11,47 kJ/g,
- топлина на експлозија: 3,34 kJ/g,
- специфична зафатнина на гасови: 680 l/kg,
- хигроскопност на 298,15 K и релативна влажност на воздухот од 100%: 0,1%,
- брзина на детонација: при густина од 1 g/cm³ изнесува 4750 m/s, при густина од 1,6 g/cm³ изнесува 7040 m/s,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 120,
- релативна енергија во однос на TNT=100 – балистички малтер: 99,
- стабилност во вакуум: 5 g за 40 часови издвојува: при температура од 373,15 K – 0,2 cm³ гас, при температура од 393,15 K – 0,4 cm³ гас, при температура од 423,15 K – 0,4 cm³ гас,
- температура на самозапалување: 593,15 K,
- растворливоста, изразена во g и во зависност од температурата, во 100 g растворувач дадена е во следната табела:

⁶⁶ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (3)

⁶⁷ Meyer R., *op. cit.* (1)

	293,15 K	323,15 K	353,15 K	373,15 K
вода	1,03	/	/	75
етанол	0,69	1,05	1,89	/
етилацетат	0,3	0,45	0,56	/

Синтеза на амониумпикратот.⁶⁸

Амониумпикратот настанува при реакција на амонијак и пикринска киселина. Во стаклен балон со мешалка, кој има зафатнина од 3000 cm³, се става 2000 cm³ вода и се загрева на водено купатило на температура од околу 363,15 K. Потоа се додава 1200 g пикринска киселина, која со еден дел се раствора во топла вода. Потоа на еден дел од додадената пикринска киселина се додава 0,4 – 0,5 делови од 20% воден раствор на амонијак. Реакцијата е моментална и создадениот амониумпикрат веднаш се раствара во вода. Кога се додава пресметаната количина на амонијак, се прекинува загревањето и масата со мешање се лади на собна температура. Во текот на ладењето настапува излучување на амониумпикрат. Доколку амонијакот е додаден во поголема количина, кристалите ќе бидат обоени црвено (мета – стабилен облик), па затоа е неопходна негова рекристализација од топлата вода за да се добијат стабилни жолти кристали.

По издвојувањето на кристалите, со помош на вакуум се врши цедење и кристалите се испираат со ладна вода, а подоцна се сушат со воздух на 353,15 K. При тоа се добива повеќе од 95% од теоретското предвидување.

➤ Бис – тринитроетилкарбамид, (BTNEU), C₅H₆N₈O₁₃.

Карактеристики.⁶⁹

- моларна маса: 386,16 kg/mol,
- содржина на азот: 29,09%,
- баланс на кислород: 0,00,
- топлина на создавање: 0,113 kJ/g,
- топлина на согорување: 9,73 kJ/g,
- кристална густина: 1,792 g/cm³,
- насипна густина: 5 – 600 g/dm³,
- температура на топење: 460,15 – 464,15 K,
- температура на samozapалување: 483,15 K,

⁶⁸ Urbanski T., „Chem and Technology of expe“, Vol. 1, New York, 1967. (1)

⁶⁹ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (1)

- специфична зафатнина на гасови: 696 l/kg,
- брзина на детонација: при густина од 1,792 g/cm³ изнесува 8655 m/s,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 35,
- релативна енергија во однос на TNT=100 – оловен блок: 169,
- губење на маса на 353,15 К за 700 часови: 1%,
- растворливост: речиси е нерастворлив во вода (0,008 g/100 g на 298,15 К), бензен, хлороформ, диоксан, јаглентетрахлорид. Растворлив е во метанол (17,5 g/100 g на 298,15 К) и ацетон. Многу е растворлив во диметилформаид и диметилсулфоксид.

Синтеза на бис – тринитроетилкарбаид.^{70, 71}

Бис – тринитроетилкарбаидот може да се синтетизира на два начина:

- синтеза од тринитроетанол и карбаид. Реакцијата се одвива на околу 353,15 К. Приносот е 80 – 82%,

- синтеза од тринитрометан и диметилкарбаид. Реакцијата се одвива на околу 343,15 К. Приносот е преку 90%.

Синтеза на тринитрометан (нитроформа).

Раствор од 168 g КОН во 350 cm³ вода се лади во стаклен трогрлен балон на 278,15 К. Со мешање во балонот постепено се додава 120 g 30% H₂O₂, а потоа 189 g тетранитрометан. Во текот на додавањето на тетранитрометанот температурата на реакцијата се одржува на 293,15 – 298,15 К, потоа се зголемува на 303,15 К и се одржува 15 минути. Содржината од балонот се процедува и кристалите се испираат со безводен метилалкохол и анхидрованен етер. Калиумовата сол на тринитрометанот потоа се суши на воздух, добиената калиумова сол се суспендира во апсолутен етанол и се воведува сува гасовита HCl сè додека не исчезне жолтата боја и се издвојат кристали на KCl. Масата се процедува и кристалите на KCl се испираат на филтер со безводен етилетер. Со дестилација се одвојува етилетерот, а во балонот останува суровиот тринитрометан, кој подоцна се прочистува со дестилација во вакуум.

Синтеза на бис – тринитроетилкарбаид.

Во стаклен реактор со наметка од 1000 cm³, во 250 cm³ вода се раствара 20 g диметилкарбаид. Температурата на растворот се одржува на 313,15 К со проток на вода од термостат. Проследено со мешање, од инка за капење се додава 50,3 g тринитрометан растворен во 100 cm³ вода. Непосредно по додавањето на првите

⁷⁰ Orlova E.J., „Hemija i tehnologija eksplozivnih materija“, Moskva, 1972. (1)

⁷¹ Drašković S., „Sinteza BTNEU“ – magisterski rad, TMF, Beograd, 1981.

количини на тринитрометан настанува излучување на многу ситни бели кристали на бис – тринитроетилкарбамид. По завршеното додавање на масата се меша 5 минути на 313,15 К. По завршената реакција, масата се претура во сад кој содржи 2000 cm³ смеса на вода и лед, се процедува, се испира неколку пати со вода и се суши на 353,15 К. Приносот е 38,3 g чист бис – тринитроетилкарбамид или околу 60%.

Бис – тринитроетилкарбамидот може да се добие и од калиумова сол на тринитрометан кога во стаклен реактор со наметка од 1000 cm³ се раствара 40 g калиумова сол на тринитрометан во 250 cm³ вода, на која претходно е додадено 28 g 96% сулфурна киселина. Температурата на растворот се одржува на 353,15 К, а со непрекинато мешање се додава 12 g диметилкарбамид растворен во 100 cm³ вода. Потоа се одржува уште 10 минути на 353,15 К, а потоа содржината од реакторот се претура во чаша со смеса од 2000 cm³ вода и лед. Масата се процедува и испира неколку пати со вода и потоа се суши на 353,15 К. Приносот е 22,9 g чист бис – тринитроетилкарбамид или околу 60%.

➤ Диамино – тринитробензен, C₆H₅N₅O₆.

Карактеристики.⁷²

- моларна маса: 243,15 kg/mol,
- боја и кристален облик: жолти триклинични кристали,
- баланс на кислород: -55,94%,
- кристална густина: 184 g/cm³,
- содржина на азот: 28,8%,
- температура на топење која се разложува: 560,15 К,
- топлина на создавање: -0,502 kJ/g,
- топлина на согорување: 3,54 kJ/g,
- топлина на детонација: 3,54 kJ/g,
- енергија на активирање: 193 kJ/mol,
- специфична зафатнина на гасови: 625 l/kg,
- брзина на детонација при густина од 1,79 g/cm³: 7590 m/s,
- притисок на детонација при густина од 1,79 g/cm³: 25,9 GPa,
- стабилност во вакуум: на 373,15 К l/g издвојува за 40 h помалку од 1 cm³ гас,
- температура на samozapaluvanje: 563,16 К,

⁷² „Encyclopedia of explosives“, Picatinny Arsenal, Vol. 5. (4)

- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 200,
- растворливост: лесно се раствара во глацијален АсОН.

Синтеза на диамино – тринитробензен.⁷³

Со реакција на м – дихлорбензен и концентрирана азотна киселина на зголемена температура настанува 1,3 – дихлор – 2,4,6 тринитробензен.

Дихлор – тринитробензен потоа се третира со раствор на амонијак во метилалкохол, при што два атома на хлор се заменуваат со amino – групи.

Дихлор – тринитробензен⁷⁴ може да се добие со директна реакција на фосфор – трихлорид и дипиридин – стифнат на температура на водено купатило. со подоцнежна реакција со метанолски раствор на амонијакот се заменуваат атомите на хлорот со amino – групите.

➤ Динитробензен, $C_6H_4O_4N_2$,

орто (1,2) DNB мета (1,3) DNB пара (1,4) DNB деривати.

Карактеристики.⁷⁵

- моларна маса: орто, мета и пара: 229,11 kg/mol,
- содржина на азот: орто, мета и пара: 18,34%,
- баланс на кислород: орто, мета и пара: -95,18,
- кристална густина: орто 1,59 g/cm³, мета 1,57 g/cm³, пара 1,62 g/cm³,
- температура на топење: орто 390,15 – 391,15 К, мета 362,75 К, пара 447,15 К,
- специфична зафатнина на гасовите: мета 601 l/kg,
- топлина на создавање: мета -0,08 kJ/g,
- топлина на експлозија: мета 4,605 kJ/g,
- брзина на детонација при густина од 1,5 g/cm³: мета 6100 m/s,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: мета 60,
- релативна енергија во однос на TNT=100 – оловен блок: мета 86,
- балистички малтер: мета 90,
- растворливост на мета – дериватите: малку се раствара во вода, ацетон и хлороформ. Растворливост во бензен е 39,5%.

⁷³ Urbanski T., „Heat Resistant Explosives“, J. of Scientific and ind. Research, Vol. 37, 1978. (2)

⁷⁴ Urbanski T., *op. cit.* (2)

⁷⁵ Meyer R., *op. cit.* (1)

Синтеза на динитробензенот.⁷⁶

Динитробензенот настанува со реакција на бензен и смеси на азотна и сулфурна киселина. Во првата фаза на реакцијата најнапред настанува нитробензенот, а потоа сите три деривати на динитробензенот.

Содржината на мета – дериватите во смесата на добиениот динитробензен зависи од температурата на реакциите и концентрацијата на употребените киселини, дадени во табелата:

Температура на реакција во К	H ₂ SO ₄ во %	HNO ₃ во %	Температура на топење во К	Состав во %		
				мета	орто	пара
338,15 – 342,15	100	96	356,15	89,3	7,7	3
338,15 – 340,15	98	88	355,25	89,2	8,7	2,1
363,15 – 373,15	98	88	353,15	87	11,8	1,2
381,15 – 386,15	98	88	354,35	87,6	10,2	2,2
397,15 – 402,15	98	88	353,05	85,7	13,9	0,4

Најдобар принос во мета – продуктот се постигнува со користење на смеси за нитрирање на составот:

HNO₃ (96%) – 18 масени делови

H₂SO₄ (102%) – 80 масени делови

H₂O – 2 масени дела

и при температура на нитрирање на нитро бензенот, која не преминува 388,15 К. Динитробензенот е најтоксичен од сите деривати на бензенот и неговата максимална концентрација во воздухот, на работно место, не смее да премине 1 mg/m³.

Синтеза на нитробензенот.

Во реактор од 1500 cm³ се става смеса за нитрирање со состав:

HNO₃ (70%) – 200 cm³

H₂SO₄ (96%) – 250 cm³

Реакторот се поставува на водено купатило и во смесата за нитрирање постепено се додава 156 g бензен, така да температурата на реакциската маса останува во интервал од 323,15 до 333,15 К. По завршеното додавање на бензенот, реакциската маса се загрева уште околу 30 минути на 333,15 К. Потоа содржината на реакторот се истура во чаша која содржи 3000 cm³ вода и се овозможува да се одвојат слоевите (нитробензенот е долниот слој). Киселиот нитробензен се неутрализира со воден раствор на натриумкарбонат и со постојано испирање со вода. Приносот е околу 220 g.

⁷⁶ Orlova E., *op. cit.* (1)

Синтеза на динитробензенот.

Во реактор од 2000 cm³, кој е снабден со термометар и мешалка, поставен на водено купатило, се додава 123 g нитробензен, а потоа постепено смеса за нитрирање со состав:

HNO₃ (796%) – 100 cm³

H₂SO₄ (102%) – 300 cm³.

Температурата на реакцијата не треба да биде над 388,15 К. Кога додавањето на смесата за нитрирање е завршено, реакциската маса се одржува на температура околу 383,15 К уште 30 до 40 минути. Потоа реакциската маса се лади на 343,15 К и во реакторот се става 1000 cm³ ладна вода, при што динитробензенот се излачува во облик на аморфна маса. Суровиот динитробензен неколку пати се испира со вода на филтер и потоа се прекристализира од метанол или етанол. Приносот е околу 150 g.

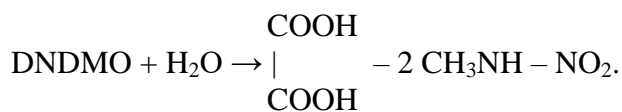
➤ Динитро – диметилксамид, C₄H₆N₄O₆, DNDMO.

Карактеристики.⁷⁷

- моларна маса: 206,12 kg/mol,
- содржина на азот: 27,18%,
- баланс на кислород: -38,8%,
- безбојни кристали со кристална густина: 1,52 g/cm³,
- температура на топење: 487,15 К,
- топлина на создавање: -1,388 kJ/g,
- топлина на согорување: 10,345 kJ/g,
- брзина на детонација при густина од: 1 g/cm³ – 5050 m/s, 1,42 g/cm³ – 6700 m/s, 1,52 g/cm³ – 7050 m/s,
- стабилност: Abel – тест на 353,15 К повеќе од 60 минути, на 338,15 К за 180 дена без промена,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 140,
- релативна енергија во однос на TNT=100 – балистички малтер: 116,
- растворливост: 100 g ацетон раствара 31 g динитро – диметилксамид, етилацетат 17,3 g динитро – диметилксамид, хлороформ 10,6 g динитро – диметилксамид, бензен 9,6 g динитро – диметилксамид, етанол 0,74 g динитро – диметилксамид,

⁷⁷ „Encyclopedia of explosives“, Vol. 2, Picatinny Arsenal, N.J., 1963. (5)

- хидролиза: во вода динитро – диметилноксамидот хидролизира според равенката:



- компатибилност: реагира со алкалите создавајќи соли на метилнитрамин.

Синтеза на динитро – диметилноксамид.^{78, 79}

Синтеза на диметилноксамид.

Во стаклен реактор од 750 cm³, со мешалка, која се наоѓа во смеса со вода и лед, се става 161 g метиламин во облик на 39,2% воден раствор. Со мешање и при температура од 291,15 K до 293,15 K постепено 75 минути се додава 146 g етилоксалат. По додавањето на етилоксалатот реакцијата продолжува во наредните 60 минути при температура од 278,15 до 283,15 K. Реакциската маса се процедува со вакуум преку филтер и талог се испира со 100 cm³ ладна вода. Добиениот продукт се суши во вакуум или во сушара на 333,15 K. Приносот е 95 g (82% од теориското) со температура на топење од 487,15 K.

Матичните алкали со водата од испирање, на која се додадени 3 cm³ концентрирана сулфурна киселина, се подложува на ректификација заради користење на создадениот етилалкохол, кој може да се употреби за повторна естерификација на оксалната киселина.

Нитрирање на диметилноксамидот.

Во стаклен реактор со зафатнина од 1500 cm³, кој е снабден со мешалка и поставен во смеса на лед и вода, се додава 490 g 96% H₂SO₄, 132 g 98,6% HNO₃, и 34 g 62,3% HNO₃. Со ладење и мешање, при температура на реакцијата од 290,15 K, постепено, во тек на 20 минути се додава 116 g диметилноксамид. Реакцијата продолжува уште 90 минути на температура од 288,15 до 293,15 K, а потоа масата се процедува. Добиениот талог се симнува од филтерот и се префрлува во сад со вода и лед, повторно се процедува и испира на филтер со вода до неутрална реакција (лакмус). Неутралниот продукт се суши во вакуум. Приносот е 198 g (96,3% од теоретскиот) со температура на топење од 487,15 K.

⁷⁸ Desseigne J., MP.30,111, 1948.

⁷⁹ Medarad L., MP.37,127, 1955.

➤ Динитротолуен, C₇H₆N₂O₄, DNT.

Карактеристики.⁸⁰

- моларна маса: 182,1 kg/mol,
- содржина на азот: 15,38%,
- баланс на кислород: -114,4%,
- кристали со светложолта боја со кристална густина: 1,3 g/cm³,
- специфична зафатнина на гасови: 602 l/kg,
- топлина на создавање: за 2,4 DNT= -0,292 kJ/g, за 2,6 DNT= -0,159 kJ/g,
- топлина на експлозија: за 2,4 DNT= 4,420 kJ/g, за 2,6 DNT= 4,549 kJ/g,
- температура на топење: за 2,4 DNT= 343,25 K, за 2,6 DNT= 338,65 K,
- топлина на согорување: за 2,4 DNT= 3,568 kJ/g, за 2,6 DNT= 3,573 kJ/g,
- релативна енергија во однос на TNT=100 – оловен блок: 64,
- балистички малтер: 71,
- растворливост: во вода, етанол и етилетер многу малку е растворлив,
- Растворливост во сулфурна киселина: во табелата се прикажани вредностите:

Концентрација на H ₂ SO ₄ во vol. %	g на растворен DNT во 100 g киселина при температура K					
	293,15	313,15	323,15	343,15	373,15	393,15
80,0	1,2	/	2,5	3,8	/	/
83,6	/	3,6	4,7	6,3	6,4	6,5
90,0	8,5	/	16,8	20,0	/	/
93,0	/	24,6	33,8	58,3	82,4	66,6
99,8	/	72,6	144,0	1121,0	1360,0	/

- реакцијата на динитротолуенот во присуство на две нитро – групи, метил – групата е многу релативна, па со дејство на алкали, во присуство на оксиданс, настанува дериват на стилбен,

- во реакција со p – нитрозодиметиланилин настанува анил,

Динитротолуените, кои се настанати од m – нитротолуенот, реагираат со натриумсулфитот градејќи во водата растворени натриумови соли на нитросулфонска киселина.

Синтеза на динитротолуенот.^{81, 82}

Со реакција на толуенот и азотна киселина настануваат три моно – нитро деривати (MNT): орто MNT (59,2%), мета MNT (4,7%) и пара MNT (36,1%).

⁸⁰ Olhmer K., *op. cit.* (1)

⁸¹ Maksimović V. P., *op. cit.* (1)

⁸² Orlova E.J., *op. cit.* (1)

Основни карактеристики на моно – нитро дериватите на толуенот се:

- моларна маса: 137,1 kg/mol,
- содржина на азот: 10,22%,
- баланс на кислород како CO₂: -185,85%,
- густина: орто MNT=1,163 g/cm³ масленеста течност, мета MNT=1,168 g/cm³ масленеста течност, пара MNT=1,120 g/cm³ безбојни кристали,
- топлина на создавање: орто MNT=8,36 kJ/mol, мета MNT=25,48 kJ/mol, пара MNT=44,30 kJ/mol,
- топлина на согорување: орто MNT=3,749 kJ/mol, мета MNT=3,728 kJ/mol, пара MNT=3,711 kJ/mol,
- температура на топење и испарување: орто MNT= 269,05 K и 495,15 K, мета MNT= 289,15 K и 503,15 K, пара MNT= 325,15 K и 511,15 K,
- растворливост: растворливи се во повеќето органски растварачи и во сулфурна киселина,
- реакција со киселини и алкали: мононитротолуените се многу постојани кон концентрираните киселини, додека при контакт со алкалите преминуваат во дибензил или стулбенови деривати.

При алкално топење со безводен калиумхидроксид доаѓа до оксидација на метил – групите и редукција на нитро – групите.

Температурата на реакцијата на нитрирање на толуенот влијае на создавање на мета MNT, па затоа реакцијата треба да се води на што пониска температура за да се намали содржината на мета MNT и на тој начин да се намалат асиметричните деривати на тринитротолуен, кои ја намалуваат точката на топење на воениот TNT.

Температура на реакција во К	пара MNT во %	орто MNT во %	мета MNT во %
333,15	35,3	59,6	5,1
313,15	36,1	59,2	4,7
293,15	36,5 – 37,3	59,4 – 59,5	4,1 – 4,2
273,15	38,1	58,0	3,9

Со нитрирање на суров MNT настануваат шест изомери на динитротолуен добиен индустриски. DNT го има следниот состав:

2,4 DNT = 75,6%,

2,3 DNT = 1,44%,

2,6 DNT = 19,7%,

3,6 DNT = 0,61%,

3,4 DNT = 2,57%,

3,5 DNT = 0,08%.

Оптималниот состав на смесата за нитрирање на толуенот во динитротолуен е:

- азотна киселина (96%) – 24 масени делови,
- сулфурна киселина (96%) – 64 масени делови,
- вода – 12 масени делови.

Односот на нитрирање е: толуен – смеса за нитрирање: 1 : 2,83.

Температурата на нитрирање изнесува од 327,15 до 329,15 К.

➤ Тринитротолуен, $C_7H_5N_3O_6$, Trotil, TNT.

Карактеристики.^{83, 84, 85}

- моларна маса: 227,1 kg/mol,
- содржина на азот: 18,50%,
- баланс на кислород: -73,90%,
- жолти кристали со температура на топење: 353,95 К,
- топлина на создавање: -0,293 kJ/g,
- топлина на согорување: 12,02 kJ/g,
- топлина на експлозија: 4,23 kJ/g,
- специфична зафатнина на гасови: 710 l/kg,
- енергија на активирање: 143 kJ/mol,
- брзина на детонација при густина од 1,59 g/cm³: 6940 m/s,
- притисок на детонација: 18,9 GPa,
- температура на самозапалување: 573,15 К,
- кристална густина: 1,65 g/cm³,
- насипна густина: 0,90 g/cm³,
- густина на ливот: 1,59 – 1,60 g/cm³,
- осетливост на удар: 15 J,
- енергија: проширување на оловниот блок 300 cm³,
- хигроскопност на 293,15 К и релативна влажност на воздух од 90%: 0,3%,

⁸³ Orlova E.J., „Hemija i tehnologija brizantnih eksploziva“, Moskva, 1973. (2)

⁸⁴ Meyer R., *op. cit.* (1)

⁸⁵ „Encyclopedia of explosives“, Picatinny Arsenal, Vol. 4. (6)

- стабилност во вакуум: на 373,15 К за 40 h издвојува помалку од 1 cm³ гас по грам,

- растворливост во отпадната киселина после нитрирањето:

Состав на смеса во %			Растворливост во %		
H ₂ SO ₄	HNO ₃	H ₂ O	293,15 К	323,15 К	343,15 К
60	0	40	0,20	0,52	0,70
90	0	10	2,55	7,70	7,63
60	1	39	0,22	0,41	0,62
60	5	35	0,25	0,55	1,23
90	5	5	1,76	4,49	7,53

- растворливост во сулфурна киселина во %:

К	Концентрација на сулфурна киселина vol во %				
	70	80	90	95	100
273,15	/	0,40	2,0	3,5	13,00
293,15	/	0,50	2,5	4,8	15,0
313,15	0,20	0,65	3,0	7,0	18,0
333,15	0,22	1,00	5,2	11,0	24,4
353,15	0,60	2,40	10,0	13,6	29,0

- растворливост во азотна киселина:

К	Концентрација на HNO ₃ во vol %	Растворено g TNT во 100 g HNO ₃
321,15	78,2	100
334,15	78,2	300
317,15	80,4	100
329,15	80,4	250
311,15	82,5	100
329,15	82,5	300
306,15	84,7	100
327,15	84,7	300
299,15	91,8	150
328,15	91,8	500
307,15	97	235
334,15	97	830

- растворливост: (-g TNT) во 100 g растворувач:

К	H ₂ O	CCl ₄	Бензен	Толуен	Ацетон	Етанол 95%	CHCl ₃
273,15	0,010	0,20	13	28	57	0,65	1,73
283,15	0,011	0,40	36	38	78	0,85	11,00
293,15	0,013	0,65	67	55	109	1,23	19,00
303,15	0,017	1,01	113	84	156	1,80	32,50
313,15	0,028	1,75	180	130	228	2,92	66,00
323,15	0,047	3,23	284	208	346	4,61	150,00
333,15	0,067	6,90	478	367	600	8,30	302,0
373,15	0,147	/	/	/	/	/	/

- реакција на тринитротолуенот:

1) – според азотната киселина – концентрирана HNO_3 на температура над $383,15 \text{ K}$ оксидира тротилот во тринитробензоева киселина, која на температури над $473,15 \text{ K}$ се разложува на тринитробензен,

2) – според смесата за нитрирање – концентрираната смеса за нитрирање на температура над $388,15 \text{ K}$ во потполност го разложува бензенското јадро, при што на еден дел настанува и тетранитрометан,

3) – според алкалите – тротилот реагира со алкалите, при што настануваат органометални соли и бојата на тротилот од светло жолта станува црна. Контактот на стопениот тротил на температура од $433,15 \text{ K}$ со цврстиот KOH детонира на температура од $353,15 \text{ K}$. Под дејство на алкалите и присуство на оксидансите настанува дериватот стилбен.

4) – според водениот раствор натриумсулфит – на собна температура водениот раствор натриумсулфит го раствара симетричниот TNT, додека на зголемени температури над $353,15 \text{ K}$, една нитро група се супституира со $\text{SO}_3 \text{ Na}$ – група.

За да се отстранат асиметричните деривати на тротилот, кои ја намалуваат точката на топење на симетричниот TNT (кој се применува во воени цели), се користи реакција на натриумсулфит, бидејќи тие деривати на температура пониска од $353,15 \text{ K}$ преминуваат во растворени соли во вода.

Со постапката сулфитирање од тротилот истовремено се отстрануваат и продуктите на оксидација, кои се настанати во текот на реакцијата при нитрирањето.

5) – според зголемени температури – симетричниот TNT е постојан на зголемени температури. При загревање на температура од $418,15$ до $423,15 \text{ K}$, намалувањето на точката на топење зависи од должината на загревањето.

	Точка на топење K
Пред загревање на $418,15 - 423,15 \text{ K}$	353,90
После загревање од 18 часа	353,81
После загревање од 42 часа	353,70
После загревање од 80 часа	353,40
После загревање од 127 часа	353,35
После загревање од 158 часа	353,28
После загревање од 177 часа	353,05

6) – според пламенот – симетричниот TNT тешко се запалува. Загреван со директен пламен почнува најнапред да се топи, а samozапалувањето настанува над $573,15 \text{ K}$. Меѓутоа, ако се запали поголема количина на TNT (преку 1000 kg) и во

слојот кој преминува 50 cm висина, веројатно настанува детонација со создавање на натпритисок во централниот дел на запалената маса, па отпаднатиот дел од производството на TNT може да се уништува со палење само ако количината не поминува 1000 kg, а висината на слојот 5 cm.⁸⁶

7) – според сончевата светлина и ултравиолетовите зраци – на сончева светлина се намалува точката на топење на симетричниот TNT, а бојата од светло жолта станува темно црна,

- компатибилност: сув или во влажна состојба симетричниот TNT не реагира со металите. Меѓутоа, во присуство на разблажена азотна киселина (концентрација околу 13%) реагира со алуминиум, олово и железо, при што настануваат сложени соединенија со висока содржина на метали. Настанатите соединенија се осетливи на удар и триење и можат да детонираат при загревање со азотна киселина или смеса за нитрирање. За да се спречи создавање на овие соединенија, се избегнува употреба на олово и алуминиум во инсталациите за производство на тротил.

Синтеза на тринитротолуенот.⁸⁷

Тринитротолуенот настанува со реакција на динитротолуенот и смеси на азотна и сулфурна киселина на температура над 363,15 K.

Со нитрирање на 2,4 и 2,6 динитротолуен настанува 2,4,6 тринитротолуен.

Со нитрирање на 3,4 динитротолуен настанува 2,4,5 (или 3,4,6) и 2,3,4 тринитротолуен.

Со нитрирање на 2,3 динитротолуен настанува 2,3,4 TNT и 2,3,6 TNT.

Со нитрирање на 2,5 динитротолуен настанува 2,4,5 TNT и 2,3,5 TNT.

Со нитрирање на 3,5 динитротолуен настанува 2,3,5 TNT и 3,4,5 TNT.

Во стаклен реактор од 750 cm³ кој е снабден со термометар, инка за капење, мешалка и отвор за одвод на нитрозните гасови, поставен на водено купатило, се додава 100 g динитротолуен. Во инката за капење се става 250 g смеса за нитрирање со состав:

- 95 – 96% азотна киселина со 24 масени делови,
- 96 – 98% сулфурна киселина со 70 масени делови,
- 105 – 106% олеум (нафта) со 6 масени делови.

Динитротолуенот се загрева на водено купатило на околу 333,15 K и постепено се додава смеса за нитрирање. Во тек на егзотермниот процес, температурата се

⁸⁶ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 146. (2)

⁸⁷ Urbanski T., „*Chemistry and Technology of explosives*“, Vol. 1, 1964. (3)

зголемува на 368,15 – 373,15 К и при таа температура, со ладење, се продолжува реакцијата два часа. Во текот на реакцијата, при процесот на оксидација, настанува значително издвојување на нитрозните гасови, па затоа е неопходно да се работи во дигестор. Кога реакцијата е завршена, масата со постојано мешање се лади на водено купатило, при што настапува излачување излачување на кристали на TNT. Со цедење под вакуум, се издвојуваат кристалите од отпаднатата киселина, кои се испираат неколку пати со вода до неутрална реакција. Приносот е околу 90% од теоретскиот.

Состави на бази на тринитротолуен.⁸⁸

Аматоли. Аматолите претставуваат хомогени смеси на амониумнитрат и тринитротолуен во различни процентуални односи. Додавањето на амониумнитрат збогатен со кислород, ја зголемува специфичната зафатнина на гасовите при експлозија и го подобрува согорувањето на TNT (што се забележува при детонација, затоа што наместо црн чад се развива бледо жолт чад). Аматолите се многу хигроскопни, па се користат исклучиво во воени услови за да се намали потрошувачката на TNT. Влажниот аматол ги напаѓа и металите (бакар, месинг, бронза и олово), па затоа проектите мора да се заштитат од внатрешната страна со слој на асфалтен лак. Аматолите имаат поголема енергија од чистиот TNT, додека осетливоста на удар е во границите на TNT.

Амонали (миноли, алуматоли).⁸⁹ Амоналите се хомогени смеси, кои покрај алуминиумнитрат и алуминиум во прав, содржат и тротил, хексоген, динитротолуен, хексанитродифениламин или некоја друга бризантна експлозивна материја. Ефектот на додавање на алуминиум во прав во аматолот е главно следна:⁹⁰

- ја смалува брзината на детонација,
- ја зголемува енергијата за околу 20%,
- ја зголемува температурата на експлозијата од 1983,15 К на 4173,15 К и повеќе,
- ја зголемува осетливоста на удар и триење,
- ја смалува специфичната зафатнина на гасовите.

Во функција на балансот на кислород на експлозивните материи, однесувањето на алуминиумот во текот на детонацијата е следно:

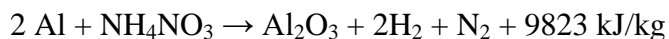
⁸⁸ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (6)

⁸⁹ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (6)

⁹⁰ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 153. (2)

- кај составите со позитивен баланс на кислород, алуминиумот реагира со CO_2 и со CO , при што уште повеќе ја намалува специфичната зафатнина на гасовите. При висок притисок за време на експлозијата алуминиумот реагира и со настанатата вода,

- кај составите со негативен баланс на кислород, како што се воените амонали, специфичната зафатнина на гасовите може да се претстави со следната равенка:



б) Нитратни естери (врска $\text{C} - \text{O} - \text{NO}_2$).

➤ Целулозен нитрат, $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3$, нитроцелулоза, NC.

Карактеристики.⁹¹

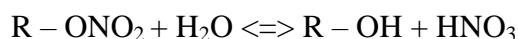
Карактеристиките се однесуваат на два вида нитроцелулоза:

- содржина на азот: 12,5% и 13,4%,
- моларна маса: 281,15 kg/mol и 290,70 kg/mol,
- баланс на кислород: -35% и -29%,
- топлина на создавање: -2,58 kJ/g и -2,35 kJ/g,
- топлина на согорување: 10,08 kJ/g и 9,68 kJ/g,
- топлина на експлозија: 3,92 kJ/g и 4,45 kJ/g,
- густина: 1,676 g/cm³ и 1,685 g/cm³,
- брзина на детонација при густина од 1,2 g/cm³: за вториот вид NC 7300 m/s,
- специфична зафатнина на гасовите: за вториот вид NC 841 l/kg,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: за вториот вид NC: 20,
- релативна енергија во однос на TNT=100: за вториот вид NC – оловен блок: 130, – балистички малтер: 125,
- хигроскопност на 293,15 K и релативна влажност на воздух од 90%: 3% и 2%,
- температура на детонација: за вториот вид NC: 3473,15 K,
- температура на самозапалување: за вториот вид NC: 443,15 – 458,15 K,
- растворливост во смеса на диетилетар – етанол 4 : 3u: 100% и 1,81%,
- ацетон и естери на оцетна киселина ја раствараат NC со содржина на азот над 10,5%,
- метанол и етанол ја раствараат NC со содржина на азот помеѓу 10,5 – 11,4%,
- нитроглицерин, нитрогликол, динитродигликол, централит многу добро ја раствараат NC,

⁹¹ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 156. (2)

- вискозност: исто како и растворливоста, вискозноста претставува една од основните карактеристики на нитроцелулозата и има големо влијание на квалитетот на колоидните барути, обложениот и заштитниот слој. Нитроцелулозата изработена од креп – хартија (дрвени струготини) има мала вискозност во однос на нитроцелулозата изработена од влакна, додека нитроцелулозата со подолги влакна има поголема вискозност од нитроцелулозата со пократки влакна. Со зголемување на температурата при преработка на целулозата се намалува вискозноста на нитроцелулозата. При естерификација на целулозата на повисоки температури настанува нејзина деградација, хидролиза и оксидација, што се изразува со намалување на вискозноста. Траењето на процесот на естерификација на целулозата влијае и на намалување на вискозноста на нитроцелулозата, бидејќи продолженото време го забрзува процесот на деградација на хидролизата, односно оксидација. Зголемувањето на содржината на азот во нитроцелулозата проследено е со зголемување на вискозноста. На намалување на вискозноста на нитроцелулозата влијае и: продолженото време на подготвување (варење) на нитроцелулозата на температура на вриење на водата, механичка преработка во рафинерии и сончеви зраци, односно ултравиолетови зраци.

Реакција во алкална и кисела средина: нитратните естери на едновалентните и поливалентните алкохоли се хидролизираат во кисела и алкална средина, а многу тешко во неутрална. Процесот на хидролиза (денитрација) може да се претстави со следната равенка:



Во текот на хидролизата на нитроцелулозата се издвојуваат голем број на продукти кои се настанати во кисела, односно алкална средина:

- неоргански нитрат и нитрити,
- азотни оксидо (N_2O_2 , NO, NO_2),
- цијаниди,
- јаглендиоксид и јагленмоноксид,
- органски киселини: оксална, мелеинска, малонска, мравја итн.,
- амонијак,

- реакција на зголемени температури: со постепено загревање на нитроцелулозата при брзина од 278,15 K/min доаѓа до декомпозиција, која е проследена со детонација кога температурата достигнува граница од 443,15 – 458,15 K (доколку

нитроцелулозата е недоволно стабилизирана и содржи нестабилни естери или траги на киселина подлежи и на обична температура на каталитичка декомпозиција, која може да биде проследена со комплетна детонација на нитроцелулозата). Брзината на декомпозиција на нитроцелулозата директно зависи од температурата, што е прикажано на следната табела:

Температура на загревање во К	Време на загревање во часови	Зафатнина на издвоени гасови во см ³	Губење на маса во %	Губење на азот во %
398,15	150	162	49,7	64
408,15	150	236	61,8	83
413,15	40	310	66,5	91
423,15	20	325	70,2	98

Според Desmarox, веројатен механизам на термичка декомпозиција на нитроцелулозата настанува со хидролиза на естерските ($-ONO_2$) групи и со интермолекуларна оксидација на делови на прстенот на дехидрираната глукоза. Во текот на процесот на декомпозиција на нитроцелулозата веројатно доаѓа до реакција на азотните оксиди и водата, при што настанува азотна и азотеста киселина, која потоа реагира со молекулот на нитроцелулозата и го убрзуваат процесот на декомпозиција.

Синтеза на нитроцелулозата.^{92, 93, 94}

Механизмот на естерификација на целулозата под дејство на азотната киселина или смеси на азотна и сулфурна киселина до сега не е потполно проучено и на него не можат едноставно да се применат механизмите за естерификација на алкохолот или нитрирање на ароматските соединенија, бидејќи целулозата е цврст полимер со фиброзна структура, нерастворлива во реакциска смеса.⁹⁵ Брзината на реакција на естерификацијата на целулозата многу зависи од брзината на дифузија на азотната киселина во фиброзната структура на целулозата, која е составена од „аморфни“ и „кристални“ делови.⁹⁶

Естерификацијата на целулозата е типичен пример за топохемиска реакција, односно за реакција на цврсти материи потопени во течна фаза, без деструкција или модификација на цврстата структура.

⁹² Chedin, „Exposé sur la nitrocellulose“, Serv. des Poudres, 1957. (1)

⁹³ Moreau, „Course sur la nitrocellulose“, Serv. des Poudres, 1960. (1)

⁹⁴ Davis, *op. cit.* (1)

⁹⁵ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 158. (2)

⁹⁶ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 158. (2)

„Аморфните“ делови се наоѓаат на површината на целулозните влакна во облик на потполно дезорганизирани наслаги, кои потполно се достапни на сите компоненти на смесата за нитрирање. „Кристалните“ делови се создадени од организирани наслаги на целулозните листови, во кои молекулот на сулфурната киселина (со бипирамиден облик) може да помине многу бавно и со големи потешкотии. Молекулот на азотната киселина лесно продира во „кристалниот“ дел, кој е потиснуван со афинитет кон хидроксилните групи, а со себе (евентуално) ги води и молекулите на водата.

Според Chedin, хидроксилните групи на целулозата се делат на две групи:⁹⁷

- „слободни“ ОН – групи, кои се наоѓаат во „аморфните“ делови на фиброзните влакна на целулозата и кои се естерифицираат во смесата за нитрирање,

- „кристални“ ОН – групи, кои се врзани меѓусебно со дводимензионални врски на водородот, која се естерифицира исклучиво со азотна киселина или бинарна смеса помеѓу азотна киселина – вода.

Механизмот на естерификација на целулозата, потопена во смесата за нитрирање, после воспоставувањето на рамнотежата, се движи на два колосека:

- „аморфен“ дел, кој е импрегниран со смеса за нитрирање со почетен состав, постепено се осиромашува во азотната киселина, при естерификација и истовремено се разблажува, при создавање на вода,

- „кристалниот“ дел останува недостапен за молекулите на сулфурната киселина и се импегрира со помалку или повеќе концентрирана азотна киселина, при што се воспоставува термодинамичка рамнотежа со смесата за нитрирање, која се наоѓа надвор од фиброзната структура на целулозата. Естерификацијата на целулозата може да се изврши со примена на:

- чиста азотна киселина,
- бинарна (двокомпонентна) смеса: $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$,
- тернерна (трикомпонентна) смеса: $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$,
- бинарна смеса: азотна киселина – фосфорна киселина,
- бинарна смеса: азотна киселина – оцетна киселина,
- азотни оксиди.

Од економски причини, естерификацијата на целулозата во индустриски опсег се врши со тернерна смеса $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$. Составот на смесата за нитрирање

⁹⁷ Chedin, *op. cit.* (1)

зависи од видот на целулозата која се нитрира и од содржината на азот кој треба да се постигне во нитроцелулозата.

Во зависност од содржината на азот во нитроцелулозата, за естерификација се користат следните смеси:

HNO ₃ во %	H ₂ SO ₄ во %	H ₂ O во %	Нитрозни гасови во %	Содржина на азот во %
23	67,1	9,5	0,4	13,55
23	66	10,5	0,5	13,45
22,2	61,4	15,7	0,7	12,60
22,2	61,2	15,9	0,7	12,45
22,2	59,1	18	0,7	11,80
23	60	16,3	0,7	12,40
22,2	59,5	17,3	1	12
23	57,2	18,5	1,3	11,30
23	56,6	19	1,4	11,10
24	55,2	19,8	1,4	10,90

Фактори кои влијаат на процесот на естерификација.

1) – Содржината на азот во нитроцелулозата зависи од:

- составот на сулфонитритната смеса. Ако целулозата на правилен начин е потопена во смеса за нитрирање, содржината на азотот во нитроцелулозата е резултат на хемиската рамнотежа и при секој состав на смесата за нитрирање постои одредена содржина на азот во нитроцелулозата. Доколку во некој случај настапи т.н. пренитрирање на целулозата во однос на рамнотежата на содржината на азот, при понатамошен контакт на таквата нитроцелулоза со смесата за нитрирање настапува денитрација, која е лесна и проследена со споредни реакции,

- температура на реакцијата. Максимална содржина на азот, во однос на одреден состав на смесата за нитрирање, малку варира со промена на температурата во интервал од 283,15 до 318,15 К. Над оваа температура се добива многу деградирана нитроцелулоза, со содржина на азот кој не преминува 13,10%, а приносот на нитроцелулоза опаѓа при паразитни оксидативни реакции,

- односот при нитрирање. За да може целулозата, која многу често е волуменозна, потполно да се потопи во смеса за нитрирање, за да може правилно да се води процесот на естерификација и за да се избегне прилично зголемување на топлината на реакција (со што се забрзува декомпозицијата на создадената нитроцелулоза), неопходно е тој однос да биде релативно голем. Нормативите во денешно време бараат односот на целулоза – смеса за нитрирање да биде 1:40 – 60.

2) – Брзината на реакцијата зависи од:

- составот на смесата за нитрирање. Брзината на реакцијата наеднаш расте со зголемување на содржината на азотната киселина во смесата,

- температура. Со зголемување на температурата на реакцијата наеднаш расте и брзината на реакцијата,

- квалитет на употребената целулоза. Брзината на реакцијата е голема доколку целулозата е чиста и хидрофилна. Тенките и кратки влакна на целулозата побрзо се нитрираат од дебелите и подолгите. Присуството на масти ги прави влакната непропустливи, што ја успорува брзината на реакцијата. Материите кои се растворливи во смесата за нитрирање ја намалуваат содржината на азот ако истовремено се нитрираат, во спротивно го забрзуваат процесот на декомпозиција на нитроцелулозата,

- брзина на мешање на реакциската маса. Брзината на реакција се зголемува со брзината на мешање,

- влажност на целулозата. Под дејство на влагата целулозата набабрува, што овозможува подобра дифузија на смесата за нитрирање. Хомогено распоредената влага во влакното на целулозата ја забрзува реакцијата, во спротивно реакцијата е неправилна.

3) – Температура на реакцијата на естерификација. Оптимални температури се:

- околу 283,15 К за нитроцелулоза наменета за динамит,

- околу 301,15 К за сите видови на нитроцелулоза,

- околу 313,15 К за нитроцелулоза со намален вискозитет.

4) – Времето на траење на реакцијата на естерификацијата зависи од составот на смесата за нитрирање, односот при нитрирањето, температурата, постапката и потеклото на целулозата. Доколку треба да се постигне многу хомоген состав на нитроцелулозата, времето мора да се продолжи. Тоа е единствен начин од целулоза со лоши хемиски и физички особини да се добие задоволувачки квалитет на нитроцелулоза.

При најдобри услови времето на реакцијата не би требало да биде помалку од 15 минути. Времето од 20 минути е општо прифатено. При изработка на нитроцелулоза со содржина на азот од околу 11% која мора да биде многу хомогена, времето на реакцијата се продолжува на 40 минути ако се работи за влакна, односно на 60 минути ако се работи за дрвени струготини.

➤ Етиленгликолдинитрат, $C_2H_4N_2O_6$, Нитрогликол, EGDN.

Карактеристики.⁹⁸

- моларана маса: 152,07 kg/mol,
- содржина на азот: 18,42%,
- баланс на кислород: 0,0%,
- маслена течност: температура на замрзнување: 251,15 K,
- температура на вриење: 465,65 K,
- топлина на создавање: -1,53 kJ/g,
- топлина на согорување: 7,38 kJ/g,
- топлина на експлозија: 7,13 kJ/g,
- густина на 293,15 K: 1,49 g/cm³,
- вискозност на 293,15 K: 4,30 mPa·s,
- брзина на детонација при густина од 1,49 g/cm³: 7800 – 8000 m/s,
- енергија на активирање: 149 kJ/mol,
- специфична зафатнина на гасовите: 740 l/kg,
- температура на самозапалување: 530,15 K,
- стабилност во вакуум на 373,15 K за 40 часови: експлозија,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 1,3,
- осетливост на триење: $36 \cdot 10^{-2}$ N (кристален облик),
- релативна енергија во однос на TNT=100: – оловен блок: 205,
- балистички малтер: 140,
- хигроскопност на 303,15 K и релативна влажност на воздух од 90%: 0,0%,
- растворливост: во метилалкохол, етилацетат, безводна оцетна киселина, толуен, бензен, ксилен, фенол, нитробензен, нитротолуен, пиридин, дихлоретан и др.,
- нерастворлив е во јаглентетрахлорид и бензин,
- растворливост во вода: 100 cm³ вода раствара 0,68 g на 293,15 K,
- многу добро ја раствара нитроцелулозата,
- реакција со алкални хидроксида: во воден или алкохолен раствор на хидроксидите се разложува со создавање на натриум (калиум) нитрат, односно гликол,
- реакција во топла вода: после пет дена загревање на 333,15 K хидролизира само 0,008% етиленгликолдинитрат,

⁹⁸ Olhmer K., *op. cit.* (1)

- реакција на зголемена температура: после загревање од 11 дена на температура од 348,15 К се воочуваат првите знаци на негова декомпозиција.

Синтеза на нитрогликолот.⁹⁹

За естерификација на гликолот се користи смеса од азотна и сулфурна киселина во однос 45 – 50 во мас.% азотна киселина со концентрација повеќе од 96% и 50 – 55 во мас.% сулфурна киселина со концентрација повеќе од 96%.

Однос на нитрирање: гликол – смесата за нитрирање е 4 – 6,5.

Основни карактеристики: боја – безбојна течност, густина – 1,1130 – 1,1135 g/cm³, температура на вриење – 469,15 – 473,15 К.

Оптимална температура на нитрирање (естерификација) е 283,15 – 288,15 К. Повисоката температура го намалува приносот на нитрогликол.

Гликолот претставува многу токсична материја, бидејќи во организмот се разложува на оксална киселина (COOH)₂.

➤ Глицеролтринитрат, C₃H₅N₃O₉, нитроглицерин, NG.

Карактеристики.^{100, 101}

- моларна маса: 227 kg/mol,
- маслена течност со темно жолта боја со точка на топење: при стабилен облик 286,35 К, при нестабилен облик 275,35 К,
- содржина на азот: 18,50%,
- баланс на кислород во мас.: 3,50%
- топлина на создавање: -1,63 kJ/g,
- топлина на согорување: 6,80 kJ/g,
- топлина на експлозија: 6,96 kJ/g,
- енергија на активирање: 169 kJ/mol,
- густина: 1,59 g/cm³,
- специфична зафатнина на гасови: 715 l/kg,
- вискозитет на 293,15 К: 36 mPa·s,
- брзина на детонација при густина од 1,59 g/cm³: 7600 m/s,
- температура на детонација: 4523,15 К,

⁹⁹ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 91. (1)

¹⁰⁰ Meyer R., *op. cit.* (1)

¹⁰¹ Orlova E.J., *op. cit.* (2)

- хигроскопност на 293,15 К и релативна влажност на воздухот од 90%: 0,06%,
- температура на самозапалување: 493,15 К,
- стабилност во вакуум на 373,15 К за 40 часови: експлозија,
- ефект на продолжено загревање на 348,15 К: се разложува за 3 – 4 дена,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 1,3,
- осетливост на триење: $36 \cdot 10^{-2}$ N (кристален облик),
- растворливост во вода: 100 g вода раствара 0,2 g на 293,15 К,
- релативна енергија во однос на TNT=100: – оловен блок: 180,
- балистички малтер: 140,
- растворливост: во метилалкохол, етилацетат, безводна оцетна киселина, толуен, бензен, ксилен, фенол, нитробензен, нитротолуен, пиридин, дихлоретан и др.,
- растворливост во сулфурна киселина: 98% H₂SO₄ раствара 26 g/100 g, 70% H₂SO₄ раствара 7,5 g/100 g,
- растворливост во азотна киселина: 98% HNO₃ потоплно раствара, 65% HNO₃ раствара 8 g/100 g,
- растворливост во смеса за нитрирање: во зависност од составот се раствара 2,36 – 6 g во 100 g,
- реакција нитроцелулоза: настапува постепено продирање на нитроглицерин во кристалната структура на молекулата на нитроцелулозата и во првата фаза настапува набабрување, а потоа потполна деструкција на кристалниот облик,
- брзина на апсорпција на нитроглицерин и нитроцелулоза: зависи од содржината на азот во нитроцелулозата и нејзината вискозност. Со зголемување на содржината на азот и намалување на вискозноста, се зголемува брзината на апсорпција,
- реакција со алкални хидроксида: загреван во воден или алкохолен раствор на хидроксидите нитроглицеринот хидролизира. Крајната реакција е претставена со следната равенка:

$$C_3H_5(ONO_2)_3 + 5 KOH \rightarrow KNO_3 + 2 KNO_2 + CH_3COOK + HCOOK + 3 H_2O$$
- реакција на зголемени температури: разложувањето на нитроглицеринот на 373,15 К почнува после 41 час. Присуството на вода, NO₂NO, CO₂ и CO ја забрзува декомпозицијата. Присуството на 1,5% вода на 373,15 К го забрзува разложувањето на само два часа.

Синтеза на нитроглицеринот.^{102, 103}

За естерификација на глицеролот се употребува смеса од азотна и сулфурна киселина во однос 45 – 50% азотна киселина со концентрација повеќе од 96% и 50 – 55% сулфурна киселина со концентрација повеќе од 96%.

За да се одвива реакцијата на пониска температура и да се добие поголем принос, содржината на водата во смесата за нитрирање мора да биде што помала. Односот на нитрирањето глицерол – смеса за нитрирање изнесува 1 : 4 до 6,5, додека при постапката на Gyttop¹⁰⁴ изнесува 1 : 13.

Температурата на реакцијата изнесува најмногу 298,15 К. Зголемувањето на температурата на реакција над 298,15 К предизвикува разложување на нитроглицеринот, кое станува значително на 303,15 К и со оксидативните процеси кои го забрзуваат разложувањето, настанува експлозија на создадениот нитроглицерин во реакторот. Оптималната температура на реакцијата изнаеува 294,15 К.

Основни карактеристики на глицеролот: боја што е можно посветла,

- густина: не пониска од 1,4722 g/cm³ на 288,15 К,
- реакција: неутрална,
- содржина на глицерол: 98,5 – 99,0%,
- содржина на вода: под 1%,
- минерални примеси: најмногу 0,05%,
- неиспарливи органски материи: под 0,25%,
- без присуство: јаглероден водород, протеини, органски соединенија на азот, сулфиди, сулфити,
- содржина на сулфати и хлориди: најмногу 0,01%,
- основни карактеристики на азотната киселина: густина најмалку 1,5 g/cm³,
- содржина на N₂O₄: помалку од 0,5,

Основни карактеристики на сулфурната киселина: густина најмалку 1,84 g/cm³ без присуство на сулфати на олово и железо.

Основни карактеристики на водата: водата за испирање на киселиот нитроглицерин мора да биде без траги на железо и слободен хлор, бидејќи во присуство на овие две супстанции се смалува хемиската стабилност на нитроглицеринот.

¹⁰² Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 81. (1)

¹⁰³ Davis, *op. cit.* (1)

¹⁰⁴ Moreau N., „*Cours des huilles explosifs*“, Serv. des Poudres, 1965. (2)

➤ Пентаеритритол – тетранитрат, $C_5H_8N_4O_{12}$, пентрит, PETN.

Карактеристики.¹⁰⁵

- моларна маса: 316 kg/mol,
- бели кристали со температура на топење: 414,45 К,
- содржина на азот: 17,72%,
- баланс на кислород: -10,0%
- густина: 1,78 g/cm³,
- гравиметриска густина: 0,86 g/cm³,
- густина на полнење: 1,50 – 1,70 g/cm³,
- топлина на создавање: -1,70 kJ/g,
- топлина на согорување: 8,20 kJ/g,
- топлина на експлозија: 6,28 kJ/g,
- специфична зафатнина на гасови: 784 l/kg,
- енергија на активирање: 179 kJ/mol,
- брзина на детонација при густина од 1,70 g/cm³: 8310 m/s,
- притисок на детонација при густина на полнење од 1,70 g/cm³: 32,0 GPa,
- температура на детонација: 3400,15 К,
- однос на специфичната топлина: 2,55,
- хигроскопност на 293,15 К и релативна влажност на воздухот од 90%:
занемарлива,
- стабилност во вакуум: на 373,15 К, 1 g издвојува за 40 часови помалку од 1 cm³
гас,
- температура на самоzapалување: 498,15 К,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 20,
- осетливост на триење: 16·10² N,
- релативна енергија во однос на TNT=100: – оловен блок: 175,
- балистички малтер: 145,
- растворливост во вода: практично нерастворлив (0,01% на 323,15 К),
- растворливост во ацетон:

g PETN во 100 g на 335,15 К	Концентрација на раствор ацетон/вода				
	55%	70%	80%	90%	92%
	4	15	30	50	60

¹⁰⁵ Olhmer K., *op. cit.* (1)

- растворливост во азотна киселина:

100 g HNO ₃ концентрација	50%	раствара	0,05 g PETN
	80%		0,056 g PETN
	88%		1,30 g PETN
	95%		3,90 g PETN

Пентритот малку е растворлив во етанол, етилтер, бензен и толуен. Добро се раствара во етилацетат, пиридин, а особено во диметилформаид. Реакција со азотна киселина: во концентрирана азотна киселина пентритот хемиски е стабилен. Меѓутоа, азотната киселина со концентрација од 80% до 60% го разложува пентритот и брзината на декомпозиција се зголемува со намалување на концентрацијата на азотната киселина до 60%. Концентрацијата на азотната киселина под 30% не предизвикува декомпозиција на пентритот. Заради безбедно индустриско производство на пентритот, крајната концентрација на азотната киселина во тек на процесот на естерификација не смее да биде пониска од 83%,

- компатибилност: во експлозивни полнења со тротил или восоци пентритот е извонредно стабилен доколку полнењата се добиени со пресување. Меѓутоа, во експлозивните полнења со тротил кој е добиен со наливање на зголемени температури, пентритот се разложува, па затоа таа постапка се избегнува. Причините за намалување на хемиската стабилност на пентритот во тој случај сè уште не се објаснети.¹⁰⁶

Синтеза на пентритот.¹⁰⁷

Основна суровина за синтеза на пентритот е четиривалентниот алкохол – пентаеритритол, кој настанува со реакција на ацеталдехид со четири молекули на формалдехид. Реакцијата се одвива во две фази. Во првата фаза, алдолизација, доаѓа до создавање на триметилолацеталдехид. Во втората фаза на реакцијата се создава пентаеритритол. Присутниот калциумоксид обезбедува алкална средина и реакција со настанатата мравја киселина, при што настанува и калциумформаид.

Естерификацијата на пентаеритритолот во пентаеритритол – тетранитрат се изведува со четири молекули на концентрираната азотна киселина (98 – 99%).

Температура на реакција на естерификација: 288,15 – 303,15 К.

Однос на нитрирање: пентаеритритол – азотна киселина 1: 5 – 6.

¹⁰⁶ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 184. (2)

¹⁰⁷ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 98. (1)

Основни карактеристики на пентаеритритолот: минерални примеси – најмногу до 0,5% .

Влага – најмногу до 0,7%.

Дипентаеритритол – под 2%.

Редуктивни материи (кетони) – нема ни траги, температура на топење: 528,15 – 533,15 К.

Концентрација на матични алкали после реакцијата: најмалку 80% HNO₃. Концентрација на матични алкали после разблажување со вода: 30 – 50% HNO₃. Заради отстранување на азотната киселина од кристалите на пентритот треба да се изврши негова рекристализација од ацетонот.

в) Нитрамини (врска С – N – NO₂).

➤ Цикло – триметилентринитрамин, C₃H₆N₆O₆, хексоген, RDX.

Карактеристики.^{108, 109}

- моларна маса: 296 kg/mol,
- орторомбоидни бели кристали,
- кристална густина: 1,83 g/cm³,
- насипна густина: 1,02 g/cm³,
- густина на полнење: 1,77 g/cm³,
- температура на топење: 477,15 К,
- хигроскопност на 293,15 К и релативна влажност на воздухот од 90%: не е хигроскопен,
- растворливост во вода на 293,15 К: незначителна,
- баланс на кислород: -22%,
- содржина на азот: 37,84%,
- топлина на создавање: -0,277 kJ/g,
- топлина на согорување: 9,46 kJ/g,
- топлина на експлозија: 5,54 kJ/g,
- специфична зафатнина на гасови: 780 l/kg,
- енергија на активирање: 197 kJ/mol,
- брзина на детонација при густина од 1,707 g/cm³: 8,640 km/s,

¹⁰⁸ Olhmer K., *op. cit.* (1)

¹⁰⁹ Meyer R., *op. cit.* (1)

- притисок на детонација при густина на полнење од 1,77 g/cm³: 33,8 GPa,
- температура на детонација: 2863,15 K,
- температура на самозапалување: 533,15 K,
- ефект на продолжено загревање на 373,15 K после 60 дена: нема промена,
- стабилност во вакуум: на 373,15 K, 1 g издвојува за 40 часови помалку од 1 cm³

гас,

- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 35,
- осетливост на триење: 36·10² N,
- релативна енергија во однос на TNT=100: – оловен блок: 155,
- балистички фактори: 150,
- растворливост во ацетон:

Температура на 92% ацетон во К						
	273,15	293,15	303,15	313,15	323,15	331,15
g RDX во 100 g ацетон	4,18	6,81	8,38	10,34	12,58	15,27

- растворливост во сулфурна киселина: H₂SO₄ со концентрација над 70% го раствара RDX, при што се разложува,

- растворливост во азотна киселина: концентрираната азотна киселина го раствара хексогенот,

- компатибилност: во експлозивни полнења добиени со пресување или наливање, хексогенот е многу хемиски постојан во смесите со тротил, алуминиум во прав, природни и вештачки восоци, минерални масла и различни адитиви кои се користат заради подобрување на перформансите.

Синтеза на хексогенот.^{110, 111}

Иако откриен во 1892 година од страна на Henning, хемизмот на нитролиза на хексаметилентетрамин не бил теоретски разјаснет, а првото поставување за индустриско производство било подигнато во 1925 година во Италија.

Според Štaller¹¹², нитролизата на хексаметилентетраминот во 98 – 99% азотна киселина може да се претстави на следниот начин: во првата фаза на реакцијата на хексаметилентетрамин и азотна киселина настанува цепење на хексаминскиот прстен и

¹¹⁰ Quinchon J., „*La fabrication et le proprietes des substances explosives*“, ENESTA, Paris, 1971.

¹¹¹ Urbanski T., „*Chemistry and Technology of explosives*“, Vol. 3, 1967. (4)

¹¹² Štaller, „*Sinteza heksogena*“, Doktorska disertacija, T.F. Beograd, 1951.

создавање на 1,5 динитро – 3,7 – ендометилен – 1,3,5,7 тетразоциклооктан и 1 хидроксиметил – 5 нитро – 3,7 ендометилен – 1,3,5,7 тетразоциклооктан.

Во реакцијата со азотната киселина настануваат хексоген и хидроксиметилнитрамид кој се естерификува во тринитрометилнитрамид, односно хексоген и трихидроксиметилнитрамин, кој во кисела средина се разложува на формалдехид и амонијак.

Во текот на нитролозата на хексаметилентетрамин, после создавањето на 1,5 динитро – 3,7 – ендометилен – 1,3,5,7 тетразоциклооктан, настанува и околу 1% октоген (1,3,5,7 тетранитро – 1,3,5,7 тетразоциклооктан).

Хексогенот може да се добие и со реакција на параформалдехид (како носител на метиленска група) и амониумнитрат (како носител на нитрамино – групи) во присуство на анхидрид на оцетната киселина како кондензационо средство. Во текот на таа синтеза настанува и околу 10 – 15% октоген.

Синтезата на хексогенот во оваа постапка може да се претстави со равенките:



Температура на реакцијата на нитролиза: 288,15 – 303,15 К.

Однос на нитрирањето: хексаметилентетрамин – азотна киселина најмалку 1:8,8.

Карактеристики на хексаметилентетрамин: температура на топење преку 473,15 К, температура на запаливост 488,15 – 503,15 К,

губење на маса за 5 часови на 373,15 К: помалку од 0,1%.

Концентрација на азотна киселина за нитролиза: најмалку 98%.

Концентрација на азотна киселина после разблажување: 55%.

➤ Нитрогвандин, $\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$, пикрит.

Карактеристики.^{113, 114}

- моларна маса: 104,1 kg/mol,

- содржина на азот: 53,83%,

- баланс на кислород: -30,70%,

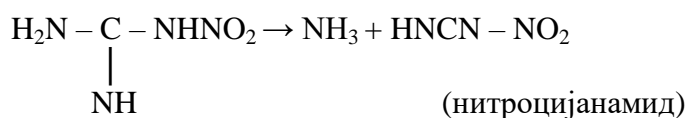
- топлина на создавање: -0,773 kJ/g,

- топлина на согорување: 8,35 kJ/g,

¹¹³ Picatinny Arsenal, *op. cit.* (3)

¹¹⁴ Urbanski T., *op. cit.* (4)

- реакција во вода: во воден раствор нитрогвандинот е многу постојан, но при подолго подготвување (готвење) настанува издвојување на амонијак, според следната хемиска равенка (која е веројатна). За тоа треба да се води сметка при кристализација:



- реакција со водениот раствор на хидразинот: при загревање создава N – аминок – N – нитрогвандин, кој кристализира во облик на бели кристали со точка на топење од 455,15 К.

N – аминок – N – нитрогвандин во кисела средина на азотната киселина со конверзија преминува во нитраминитетразол, кој исто така има силно изразени експлозивни карактеристики.

Синтеза на нитрогвандинот.¹¹⁵

Нитрогвандинот настанува со дехидратација на гвандиннитрат под дејство на концентрирана сулфурна киселина. Бидејќи добивањето на гвандиннитратот е многу потешко отколку неговата дехидратација, за таа цел ќе бидат споменати следните постапки на синтеза на гвандиннитрат:

- со третирање на амониумсулфоцијанат со амонијак и оловонитрат во автоклав (оваа постапка е многу опасна и често пати доаѓа до комплетна детонација),

- со реакција на гвандинсулфоцијанат со азотна киселина или смеса од азотна и сулфурна киселина, односно со амониумнитрат,

- со реакција на дицијандиамид и амониумнитрат на зголемена температура,

- со реакција на клациумцијанамид и амониумнитрат на зголемена температура во безводна или водена средина.

Последната постапка се применува најчесто. Постапката во водена средина е помалку опасна, бидејќи се избегнува многу бурна реакција на амониумнитратот со јаглеродот, кој во техничкиот калциумцијанамид го има и до 10% и бидејќи процесот се води на зголемени температури, може да доведе до детонација на целокупната количина на амониумнитратот кој се наоѓа во реакцијата.

¹¹⁵ Miraour H., „*Mem. des Poudres*“, 25,5. (2)

Синтезата на гвандиннитратот се врши од калциумцијанамид и амониумнитрат, каде што во текот на синтезата настанува и паразитна реакција, односно калциумнитрат.

Економичноста на процесот бара премин на настанатиот калциумнитрат во калциумкарбонат, со истовремено регенерирање на амониумнитратот.

➤ Тринитрофенилметил – нитрамин, $C_7H_5N_5O_8$, тетрил.

Карактеристики.¹¹⁶

- моларна маса: 287,2 kg/mol,
- содржина на азот: 24,39%,
- баланс на кислород: -47,40%,
- жолти моноклинични кристали,
- топлина на создавање: -0,195 kJ/g,
- топлина на согорување: 12,24 kJ/g,
- топлина на експлозија: 4,63 kJ/g,
- кристална густина: 1,73 g/cm³,
- температура на топење: 402,65 K,
- температура на самозапалување: 458,15 – 468,15 K,
- брзина на детонација при густина од 1,70 g/cm³: 7650 m/s,
- притисок на детонација при густина на полнење од 1,70 g/cm³: 26,2 GPa,
- специфична зафатнина на гасови: 760 l/kg,
- релативна енергија во однос на TNT=100: – оловен блок: 130,
- балистички малтер: 130,
- релативна осетливост на удар во однос на TNT=100: 50,
- осетливост на триење: 20×10^2 N,
- хигроскопност на 293,15 K и релативна влажност на воздухот од 90%: не е хигроскопен,
- стабилност во вакуум: на 373,15 K, 5 g развива за 40 часови помалку од 1 cm³ гас,
- однесување на висока температура: во текот на загревање од 6 месеци на 348,15 K: без промени,

¹¹⁶ Rinckenbach W., „Encyclopedia of Chem. Technology“, Vol. 6, 1951. (1)

- растворливост: во вода g/100 g на 273,15 K 0,005, на 328,15 K 0,027; во етанол 95% g/100 g на 273,15 K 0,32, на 348,15 K 5,53; во дихлоретан g/100 g на 273,15 K 1,5, на 333,15 K 18,8; концентрираната азотна киселина и ацетонот многу добро го раствараат тетрилот,

- реакција на тетрилот:

а) на киселини: тетрилот многу е отпорен на дејство на разблажени минерални киселини. При долго загревање со разблажена сулфурна киселина, на температура на вриење настанува разложување на тетрилот проследено со создавање на тринитрометил – анилин и азотна киселина,

б) на алкалии: при загревање на тетрилот во Na – карбонат раствор што врие или 2% раствор NaOH (KOH), настанува хидролиза на натриумската група, при што настануваат пикринска киселина (пикрат кој одговара), метиламин и азотеста киселина,

в) на алкохолен раствор на амонијакот: загреван во алкохолен раствор NH₃ тетрилот преминува во тринитроанилин и метилнитрамин,

г) на раствор анилин во бензенот: во тој раствор тетрилот на собна температура преминува во 2,4,6, тринитридифениламин, со создавање и метилнитрамин,

д) на 13% раствор натриумсулфит: натриумсулфитот ја редуцира нитро – групата на тетрилот, при што настанува продукт кој што не може да детонира. Таа реакција се користи за разорување на неупотребливиот тетрил,

ѓ) на раствор на фенолите во сулфурна киселина: при загревање на тетрилот со раствор на фенолот во сулфурна киселина настанува тринитрофенилметиламин,

- компатибилност: со повеќето метали тетрилот не реагира, ниту предизвикува корозија.

Синтеза на тетрилот.^{117, 118, 119}

Постојат две постапки за синтеза на тетрилот: од диметиланилин и од динитрохлорбензен.

А) Синтеза од диметиланилин

При првиот контакт на диметиланилиноот со азотната киселина настанува динитродиметиланилин, а потоа доаѓа до оксидација на N – метил – групи во

¹¹⁷ Rinckenbach W., *op. cit.* (1)

¹¹⁸ Orlova E.J., *op. cit.* (1)

¹¹⁹ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 108. (1)

карбонска киселина (веројатно).¹²⁰ Со издвојување на јаглеродендиоксид настанува динитрометиланилин. Во понатамошната реакција на азотната киселина со динитрометиланилин настанува динитрометилнитрамин, кој со интермолекуларно преместување преминува во тринитрометиланилин. При реакција со еден молекул на азотната киселина тринитрометиланилинот преминува во тетрил.

Заради оксидирачкото дејство на азотната киселина не може да се изведе директна синтеза на тетрилот од диметиланилинот, туку тој мора претходно да се заштити со конвертирање (превод) во сулфат.

Односот на диметиленилин – сулфурна киселина изнесува: 1:14,4.

Односот на диметиланилинсулфат – азотна киселина изнесува: 15,4:9,2.

Сулфурната киселина со концентрација: најмалку 96%.

Азотна киселина со концентрација: 96%.

Смеса за нитрирање во состав: азотна киселина 67 масени делови

- сулфурна киселина 16 масени делови,

- вода 17 масени делови.

Б) Синтеза од динитрохлорбензен

Со реакција на динитрохлорбензен и метиламин настанува динитрометиланилин. Со дејство на азотна киселина на создадениот динитрометиланилин настанува тетрил.

2.5.3. Погонски (потисни) експлозивни материи

Погонските експлозивни материи со своето согорување обезбедуваат енергија за погон на проектилите. Порано за оваа цел се користел исклучително црниот барут, но со пронаоѓањето на нитроцелулозните и нитроглицеринските барути кон крајот на XIX век, неговата употреба била потполно истисната. Основен облик на експлозивно разложување на погонските експлозивни материи е согорувањето, кое само во посебни услови може да премине во детонација.¹²¹

Погонските експлозивни материи уште се нарекуваат и потисни, бидејќи истите служат за потиснување, односно исфрлување на проектилите.

¹²⁰ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 108. (1)

¹²¹ Jeremić R., *op. cit.*, str. 39. (1)

Погонските експлозивни материи кои служат за исфрлување (потиснување) на проектилот од цевката на оружјето, односно орудieto, се нарекуваат барути, додека потисните експлозивни материи кои служат за погон на ракетните мотори се нарекуваат ракетни горива.¹²²

2.5.3.1. Барути

Барутите се експлозивни материи кои својата функција ја остваруваат со согорување, при што брзината на согорување се движи од неколку милиметри до неколку метри во секунда, зависно од условите во кои се одвива согорувањето, пред сè од притисокот.

Барутите главно се лабораторираат во чаура на куршумот, а се иницираат со иницијална или топовска каписла.

При согорување на барутот настанува голема количина на гасови со висока температура и под висок притисок, кои со ширење го потиснуваат проектилот низ цевката, со што на тој начин му ја одредуваат почетната брзина.

Барутите кои се користат за погон на проектилите, познати се под називот малкучадни, колоидни или хомогени барути, а тие можат да бидат:

- еднобазни,
- двобазни,
- тробазни.

Еднобазните барути се состојат од една основна компонента – нитроцелулоза и помала количина на додатоци (стабилизатор, пластификатор, балистички модификатори). Се добиваат со растварање на високонитрирана нитроцелулоза во погоден раствор, при што настанува колоидна маса, која може механички да се обработува во саканиот облик на барутни зрнца. Употребениот раствор хемиски не е поврзан со нитроцелулозата, па затоа после механичката обработка се отстранува со загревање и сушење.¹²³

Освен нитроцелулозата, еднобазните барути во својот состав имаат и стабилизатор, чија што улога е да го забават процесот на термичка декомпозиција на нитроцелулозата, т.е. да го забави процесот на стареење на барутот и да му го

¹²² Jeremiћ R., *op. cit.*, str. 39. (1)

¹²³ Pleše M., *op. cit.*, str. 504. (1)

продолжи векот на употреба. Како стабилизатор кај еднобазните барути се користи дифениламин.

За да се намали топлината на согорување и хигроскопноста на барутот, некои еднобазни барути во својот состав имаат динитротолуен и дибутилфалат.

Заради подобрување на некои внатрешнобалистички карактеристики, како што е зголемување на прогресивното согорување, еднобазните барути можат да содржат и адитиви, како што се централит, камфор и сл.

Осетливоста на еднобазните барути на удар зависи од составот на барутот, односно од содржината на азот и нитроцелулоза, како и од големината на барутни зрна. Големо влијание на осетливоста на еднобазните барути на удар има и површинската обработка на барутот. Барутните зрна полирани со 3% централит имаат осетливост на удар двојно помала од исто такви неполирани зрна.

Еднобазниот барут може да детонира ако се иницира со силен иницијален импулс, како што е 50 – 100 грама бризантна експлозивна материја. При тоа брзината на детонација, во зависност од големината на барутните зрна, нивната насипна густина и условите во кои е изведена, може да изнесува и до 7200 m/s.

Доколку се запали количина поголема од 50 тони еднобазен барут, согорувањето ќе премине во детонација.

При производството на еднобазните барути, содржината на влага во нив е обично 1,1 – 1,6%. Со време еднобазниот барут може да апсорбира влага од воздухот или да се суши, при што доаѓа до промена на неговите балистички својства. За да се спречи апсорпција на влага од воздухот, еднобазните барути мора да се чуваат во херметички амбалажи.

Сончевата светлина предизвикува промена на механичките својства и боја на еднобазните барути. Тие промени се последица на реакција на лесни термички разградувања на нитроцелулозата. Сето тоа предизвикува стареење на барутот. Векот на траење на барутите може да биде и до 30 години.

Основни суровини за изработка на еднобазните барути се: нитроцелулоза, дифениламин, централит, динитротолуен, дибутилфалат, етилтер, етанол, графит и некои други адитиви. Тие најмногу се применуваат кај класичната муниција, особено за оружје со нажлебени цевки со калибар до 57 mm, затоа што се помалку ерозивни од двобазните барути.

Се произведуваат во облик на цевчиња (едноканални и повеќеканални), плочки, траки итн.

Двобазните барути се состојат од две основни компоненти – нитроцелулоза и нитроглицерин (диетиленгликол динитрат) и помала количина на различни додатоци. Во такви барути се додаваат и различни адитиви во зависност од типот и намената на двобазните барути. Тоа се: стабилизатори (централит и дифениламин), желатинизатори за олеснување на истиснување на барутното тесто (триацетин, диетилфталат, дибутилфталат и сл.), модификатори со балистички својства (оловен стеарат, оловен салицилат, оловен ацетилсалицилат, динитрофенилхидразан и сл.), како и модификатори на барутниот потенцијал (алуминиум во прав, магнезиум во прав, калиум перклорат, хексоген, октоген и др.).

Кај двобазните барути нитроцелулозата е желатизирана со течен енергетски состав – нитроглицерин, а поретко со диетиленгликол динитрат. Нитроглицеринот, густа маслена течност на собна температура има способност да продира во влакнестата структура на нитроцелулозата и при тоа ја желатинизира. Содржината на нитроглицерин во двобазниот барут може да се движи само до граница на заситување на нитроцелулозата, околу 43%. Над таа граница нитроглицеринот не се апсорбира во нитроцелулозата. Помеѓу нитроглицеринот и нитроцелулозата не се создаваат доволно цврсти хемиски врски, така што нитроглицеринот е доволно подвижен во барутната маса и со тек на време може од нејзината внатрешност да продре на површината.

При согорување ослободуваат поголема енергија од еднобазните барути. Нивната примена е главно за минофрлачка и артилериска муниција, а со појавата на сферичните барути, кои исто така се двобазни, се употребуваат во стрелачка муниција.

Обликот и димензиите на двобазните барути зависат од примената и можат да бидат во облик на плочка, тенки листови, цевчиња и топчиња (сферичните барути).

Тробазните барути содржат три основни компоненти – нитроцелулоза, нитроглицерин и нитрогвандин (бризантните експлозивни материји) и мала количина на додатоци.¹²⁴ Познати се како „ладни барути“, затоа што нитрогвандинот ја намалува температурата на согорување, го елиминира пламенот на устата на цевката и го продолжува векот на употреба на цевката на артилериските орудија.

2.5.3.2. Ракетни горива

Ракетните горива се применуваат за погон на ракетните проектили. При нивно согорување во комората на ракетните мотори настанува голема количина на гасови кои

¹²⁴ Andrić D., „*Proizvodnja baruta*“, izveštaj, 1955.

со голема брзина излегуваат од млазницата, со што се создава потисок кој ја придвижува ракетата кон целта.

Според агрегатната состојба, ракетните горива се делат на:

- течни,
- цврсти,
- хибридни.

Течни ракетни горива. Течните ракетни горива се составени од две компоненти: горивни компоненти и оксиданси.¹²⁵ Кај ракетите на течено гориво оксидаторот и горивната компонента се сместени во одвоени резервоари и се дозираат со помош на систем составен од цевки, вентили и турбопумпи во комори за согорување каде што се мешаат и согоруваат. Моторите на течено гориво се со многу посложена конструкција во однос на моторите на цврсто гориво, но имаат и многу предности, како што е контролата на дозирањето на горивото во комората со што е можно менувањето на потисокот во текот на летот, исклучување и повторно стартување на моторот.

Течните ракетни горива можат да се поделат на три групи:

- горива на база на нафтени деривати,
- криогени горива,
- хиперголни горива.¹²⁶

Нафтените ракетни горива како нафтен дериват користат високо рафиниран керозин, кој претставува смеса на сложени јагленоводороди. Тој најчесто се применува во комбинација со течен кислород како оксидатор.

Криогените горива се најчесто комбинација на течен водород и течен кислород, кои се складираат на многу ниски температури (водородот преминува во течна агрегатна состојба на 20,15 К, а кислородот на 90,15 К).

Заради ниската температура криогените горива е многу тешко да се чуваат подолго време. Течниот водород има мала специфична маса, а 40% поголем специфичен импулс во однос на останатите ракетни горива.

Хиперголните горива се карактеризираат по спонтаното припалување при контактот на оксидаторот и горивната компонента, така што немаат потреба од извор за припалување. Хиперголните горива се во течна состојба и на обична температура, така што нема изразени проблеми со складирањето. Хиперголните горива ги

¹²⁵ Jeremiћ R., *op. cit.* (2)

¹²⁶ Jeremiћ R., *op. cit.* (2)

сочинуваат хидразинот, монометил – хидразинот или несиметричен диметил – хидразин. Оксидатор најчесто е азоттетраоксид (N_2O_4) или азотната киселина (HNO_3).

Цврсти ракетни горива. Цврстите ракетни горива се наједноставни по конструкција од останатите горива.

Постојат два основни вида на цврсти горива:

- хомогени,
- композитни.

И едниот и другиот вид имаат релативно голема густина, стабилни се на нормална температура и лесно се складираат.

Хомогените горива се најчесто двобазни, кои содржат две основни компоненти: нитроцелулоза и нитроглицерин, а можат да бидат и еднобазни, кои содржат само една основна компонента – нитроцелулоза. Покрај основните компоненти на гориво, содржат и различни додатоци во помала количина (пластификатори, стабилизатори, балистички модификатори итн.).

Современите композитни горива најчесто се на база на полиуретан или полибутадиен како компонента која ги поврзува, амониум – прехлорат како оксиданс и метален прав, најчесто алуминиум, кои со согорување ослободуваат голема количина на топлина и со тоа ја зголемуваат температурата на согорување.

Хибридни ракетни горива. Ракетните мотори со хибридни горива претставуваат комбинација на мотори со цврсто и течно гориво или цврсто и гасовито гориво. Вообичаено горивната компонента е во цврста агрегатна состојба, додека оксидаторот е најчесто во течна или гасовита состојба. Оксидаторот со помош на бризгалки директно се вбризгува во продуктите на согорување на цврстите компоненти, со што ефикасноста на согорувањето изразено се зголемува.

2.5.4. Пиротехнички смеси

Материите и смесите кои при горењето даваат посакувани светлосни, топлотни, чадни, забавувачки (успорувачки) или звучни ефекти, чиј интензитет може да се регулира, се нарекуваат пиротехнички смеси или пиротехнички материи.¹²⁷

Во воената техника пиротехничките смеси се употребуваат за постигнување на различни ефекти. Некои пиротехнички смеси се користат за изработка на подсклопови на разни видови муниција и ракетни проектили, каде што имаат важна улога.

¹²⁷ Maksimović V. P., *op. cit.*, 1972, str. 325. (1)

Пиротехничките компоненти во муницијата имаат големо влијание на исправноста и векот на траење на муницијата.

Врз основа на намената, пиротехничките смеси се делат на: припални, осветлувачки, сигнални, трасерни, запаливи, забавувачки и чадни.

Сите пиротехнички смеси се мешавина на две или повеќе компоненти. Основни компоненти на секоја пиротехничка смеса се оксиданс и гориво. Секоја од останатите компоненти има одредена функција. Некои компоненти се додаваат заради боење на пламенот (соли на стронциум, бариум, натриум), формирање на бојата на чадот (органиски бои), намалување на осетливоста на удар и триење (флегматизатори), за подобрување на пресувањето (цементатори) итн.

Оксидансот е основна компонента која служи како извор на кислород за согорување на пиротехничката смеса. Вообичаено како оксиданс служат неорганските соли кои мора да бидат хемиски стабилни во температурен интервал од 213,15 К до 333,15 К, да не се разложуваат под дејство на влага, по можност да не се хигроскопни и лесно да го ослободат кислородот. Во пракса најчесто се применуваат натриум – нитрат, бариум – нитрат, амониум – нитрат, амониум – перхлорат и др.

Горивото е, покрај оксидансот, основна компонента на пиротехничките смеси. Улогата на горивата е да при согорување ослободуваат потребна количина топлина и да остваруваат други посакувани ефекти.

Тоа се органиски и неорганиски материи со висока температура на топење, најчесто висококалорични метални прашини и легури кои при согорувањето оксидираат со помош на оксидансите и кислородот од воздухот. Од неорганските горива најширока примена има металниот прав на магнезиум и алуминиум, потоа титан, циркониум, дрвен јаглен итн. Од органиските горива се применуваат уротропин, нафталин, млечен шеќер, скроб итн.

Врзивните компоненти (цементатори) помагаат при пресување и обликување на пиротехничките смеси, ја намалуваат осетливоста на удар и триење, ја зголемуваат сигурноста (безбедноста) при лабораторија и експлоатација, ја подобруваат стабилноста и со самото тоа го продолжуваат векот на употреба на пиротехничките смеси. Како цементатори се користат различни полимерни соединенија, природни смоли и масла. Количината на цементатори во смесите може да се движи и до 20%.¹²⁸

¹²⁸ Jeremiћ R., *op.cit.* (2)

➤ Припални смеси.

Припалните смеси се наменети за припалување на барут, ракетни горива, гасогенератори или други пиротехнички смеси. Горивна компонента најчесто е магнезиум, алуминиум, бор, цинк итн., додека како оксиданс се јавува амониумперхлорат, калиумперхлорат, бакар оксид, бариум оксид, железо оксид и др.

➤ Осветлувачки смеси.

Осветлувачките смеси се наменети за осветлување на просторот во ноќни услови заради набљудување. Осветлувачкото средство треба максимално да осветлува при согорувањето и да има светлина која е слична на сончевата.

Како горивна компонента во осветлувачките смеси најмногу се применуваат магнезиум и алуминиум, како оксиданс се користи натриум – нитрат и бариум – нитрат, а како цементатор фенолформалдехидна смола, полиетилен и полистирен.

Во 95% од составот како гориво се користи магнезиум во прав, бидејќи при согорување ослободува најјака светлина.

➤ Сигнални смеси.

Сигналните смеси служат за сигнализирање во ноќни услови и горат со обоен пламен. Сигналите треба да бидат забележливи на одредено растојание.

Најчесто се применуваат тробојни и четирибојни сигнали со црвена, жолта, зелена и бела светлина. Пламенот на сигналната смеса мора да има карактеристична боја и мора да биде воочлив на најмалку 10 km.

Како горивна компонента најмногу се користи магнезиум. За постигнување на ефектот за соодветна боја на пламенот се користат различни метални соли. Со помош на соединенијата на стронциумот се постигнува црвена боја, соединенијата на натриум даваат жолта боја, соединенијата на бариумот го обојуваат пламенот зелен, а смесата на калиум и бариум – нитрат дава бела боја. Како оксиданс се применуваат калиумхлорат, калиумперхлорат и калиумнитрат, а како цементатор фенолформалдехидна смола, полиетилен и полистирен.

➤ Смеси за трасирање.

Смесите за трасирање служат за обележување на траекторијата на проектилот при гаѓање ноќе и дење. Смесите за трасирање се пресуваат директно во телото на

проектилот кај стрелачката и противавионската муниција или во посебни метални влошки – трасери кои се навиваат (додаваат) во телото на проектилот.

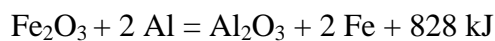
Припалувањето на трасерот се врши со согорување на барутот, а во некои случаи и по електричен пат.

➤ Запаливи смеси.

Запаливите смеси се наменети за палење на складишта, материјални средства и други објекти. Се лаборираат за авио бомби, ракети и муниција за речиси сите калибри. Според составот, запаливите смеси се делат на две групи:

- смеси со оксиданс, кои покрај металниот прав, содржат и метални оксиди,
- смеси без оксиданс, во која спаѓаат течните горива (нафтени деривати), натриум, фосфор, калиум и негови соединенија, како и напалм – смеси.

Запаливите смеси со оксиданс најчесто се составени од метал во прав како гориво и метални оксиди. Најмногу се применува железо – алуминиумска смеса со состав 25% Al и 75% Fe₂O₃ кои реагираат според следната равенка:



При тоа горат без пламен развивајќи температура од околу 2773,15 К.

Запаливите смеси без оксиданс се во главно течни горива. Недостатоци на нафтени деривати се во тоа што лесно се слеваат по мазни површини или пак ги впива песокливото тло, со што се намалува ефектот. За да се избегне тоа, се применуваат средства за згуснување во вид на природни или вештачки смоли и полимери или метални сапуни.

Името напалм потекнува од употребеното средство за згуснување на нафтената киселина и натриум – палмитат. Температурата на согорување на напалмот е 1073,15 – 1673,15 К, но со додавање на калиум – хлорат или бариум – пероксид се зголемува на 2273,15 К. Покрај напалмот, се применуваат и други состави, како што се бел фосфор и состави на база на соединенија на белиот фосфор, натриум и калиум.

➤ Забавувачки (успорувачки) смеси.

Забавувачките смеси се наменети за изработка на забавувачки елементи за детонаторски каписли, запалки и други склопови каде што треба да се оствари забавување кое одговара за пренесување на почетниот импулс во пиротехничкиот (експлозивниот) ланец или активирање на некои функции во одреден момент. За да се

оствари константна брзина на горењето, потребно е согорувањето да се одвива без создавање на гасови.

За изработка на забавувачки смеси се користат различни пиротехнички состави во зависност од интервалот на успорување. За кратки успорувања (25 – 35 s) се применуваат следните состави: PbO_2/Si , $\text{Pb}_3\text{O}_4/\text{Si}$, $\text{Pb}_3\text{O}_4/\text{Si}/\text{Sb}_2\text{O}_3$, $\text{PbCrO}_4/\text{PbO}_2/\text{V}$ итн., а за забавувања од 0,5 – 5 s: BaO_2/Se , KMnO_4/Sb и PbO/Si , Fe/KMnO_4 и други.

➤ Чадни смеси.

Чадните смеси се наменети за маскирање на објектите и позициите во воени услови. Чадот се добива со дисперзија (распрашување) на ситните цврсти или течни честички или со хемиска реакција.

За создавање на чаден облак постојат многу хемиски средства кои можат да се употребат за формирање на чадна завеса. Потребно е овие хемиски средства да бидат хемиски постабилни. Во пракса најмногу се применува хлорсулфонска киселина, сулфур – триоксид, бел фосфор, како и смеси на различни соединенија: S/KClO_3 , $\text{SiCl}_4/\text{NH}_3$, Zn/CCl_6 , $\text{KClO}_3/\text{лактоза}/\text{неопрен}$ и други.

2.6. Поделба според билансот на кислородот

На текот на одвивањето на процесот и составот на продуктите на експлозивното разложување, заради големата брзина на одвивање на експлозивниот процес, кислородот кој се наоѓа надвор од истиот не влијае, туку само онаа количина која се наоѓа внатре во составот на самата експлозивна материја. Односот на количината на кислородот спрема количината на горивните компоненти во експлозивните материи многу влијае на составот на продуктите на експлозивното разложување.¹²⁹

Горивни компоненти во експлозивните материи се јаглерод и водород. Заради многу малата реактивност, азотот од термохемиска гледна точка не треба да се зема во предвид, но заради големата отровност на нитрозните гасови, кои и во многу мали количини дејствуваат на човекот, мора и тие да бидат земени во предвид.

Експлозивните материи можат да содржат и други елементи кои стапуваат во реакција со кислородот, како што се алуминиум, сулфур, магнезиум и други.¹³⁰

Количината на кислород во експлозивните материи е изразено преку два поима:

¹²⁹ Jeremiћ R., *op. cit.*, str. 252. (1)

¹³⁰ Jeremiћ R., *op. cit.*, str. 252. (1)

- баланс на кислород,
- коефициент на кислород.

Под поимот баланс на кислород (V_k) се подразбира вишок или недостаток на кислород во експлозивната материја во однос на количината на кислород потребна за потполна оксидација на количината на горивната компонента.¹³¹

$$V_k = 16 \cdot (o - 2c - h/2) / M \cdot 100 (\%)$$

Составот на гасовитите и цврстите продукти, настанати во тек на хемиската реакција на разложување на експлозивната материја, од една страна зависи од нејзиниот хемиски состав, а од друга страна од брзината на реакцијата, која е условена и од средината во која процесот се одвива (затворена, делумно затворена или отворена средина).¹³²

Во зависност од количината на кислород која ја содржи молекулата на експлозивната материја или хомогената експлозивна смеса, се разликуваат три случаи:

а) Експлозивната материја содржи вишок на кислород, кој за време на процесот потполно го оксидира јаглеродот и водородот во јаглероден двооксид и вода.¹³³

Според Radun Jeremiћ, експлозивните материји во својот состав имаат повеќе кислород отколку што е потребно за потполна оксидација на горивната компонента, па во процесот на нивно експлозивно разложување јаглеродот и водородот потполно оксидираат во јаглероден двооксид и вода. Покрај тоа, во гасовитите продукти се појавува и одредена количина на слободен кислород.¹³⁴

Нитроглицеринот е типичен претставник на експлозивни материји со позитивен баланс на кислород, доколку процесот на разложување се одвива во затворен сад или доколку експлодира. Во оваа група на експлозивни материји со позитивен баланс на кислород спаѓа и амониумнитратот и други прашкасти експлозивни материји кои се користат во стопанството.

б) Експлозивната материја содржи доволно кислород за потполна оксидација на јаглеродот и водородот. Во продуктите при разложувањето нема слободни молекули на кислород, ниту слободни молекули на јаглерод. Овој вид на експлозивни материји има неутрален или урамнотежен баланс на кислород.¹³⁵

¹³¹ Pleše M., *op. cit.*, str. 98. (1)

¹³² Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 11. (1)

¹³³ Maksimović V. P., *op. cit.*, str. 11. (1)

¹³⁴ Jeremić R., *op. cit.*, str. 253. (1)

¹³⁵ Jeremić R., *op. cit.*, str. 253. (1)

в) Експлозивната материја не содржи кислород за потполна оксидација на јаглеродот и водородот. Во продуктите на согорувањето се наоѓа евентуално елементарен јаглерод и непотполно окидирани елементи. Оваа група на експлозивни материи има негативен баланс на кислород. Во оваа група експлозивните материи немаат доволно кислород за потполно согорување на јаглеродот и водородот, при што во продуктите на експлозивното претварање, доаѓа до поголема количина на јаглерод моноксид, а доколку балансот на кислород е многу негативен, тогаш има елементарен јаглерод. Во овој случај појавата на чад е изразена.

Во оваа група на експлозивни материи спаѓаат пентрит и хексоген, кои имаат слабо негативен баланс на кислород, додека во групата на многу изразен негативен баланс на кислород спаѓа тринитротолуенот (TNT). Овие експлозивни материи се применуваат во воени цели, а во нив спаѓаат повеќето бризантни експлозивни материи.

Постои и посебна група на експлозивни материи кои во својот состав немаат кислород, како што се олово – азид, азот – трихлорид и други. Процесот на нивното експлозивно разложување нема карактер на согорување, па затоа кислород не им е потребен.

Врз основа на познат баланс на кислород на компонентите кои влегуваат во составот на некоја смеса на експлозивни материи, може да се одреди уделот на поединечните компоненти со цел да се добие смеса на експлозивни материи со точно посакуван баланс на кислород.

Коефициент на кислород (Kk) претставува однос помеѓу количината на кислород во експлозивната материја и количината на кислород потребна за потполна оксидација на нејзините горивни компоненти:

$$Kk = o/(2c + h/2) \cdot 100 (\%)$$

2.7. Видови на експлозивни процеси

За да дојде до иницирање на експлозивниот процес на претворување кај некои експлозивни материи, потребно е со некој надворешен импулс да се предаде одредена количина на енергија, која не смее да биде помала од енергијата на активирање на молекулите. Кога ќе започне процесот на хемиска преобразба, доаѓа до samozабрзувања и самораспостранувања на реакциите.

Во зависност од начините и условите за активирање на хемиските реакции, како и другите карактеристики на експлозивните материи, процесите на експлозивното

претворање можат да се одвиваат по два различни механизми: како дефлаграција, односно согорување или како детонација, односно експлозија.¹³⁶

Сите експлозивни материи можат да согоруваат и да детонираат, но сепак експлозивните материи од одделни групи имаат одреден карактеристичен облик на експлозивно претворање. Иницијалните и бризантните експлозивни материи речиси секогаш детонираат, додека повеќе од потисните експлозивни материи согоруваат.

2.7.1. Согорување

Согорувањето претставува таков облик на преобразба кај кој енергијата за активирање на хемиската реакција се предава од слој на слој по пат на спроводливост, дифузија и зрачење на топлинска енергија.¹³⁷ Согоорувањето на експлозивните материи според надворешниот облик не се разликуваат од согорувањето на горивата, но сепак постои важна разлика помеѓу согорувањето на горивата и согорувањето на експлозивните материи. При согорувањето на горивата, тој процес се одвива со помош на кислород од воздухот, така што дотокот на кислород од надвор треба да биде континуиран и често од начинот на доток на воздух зависи и самата брзина на согорување. При согорувањето на експлозивните материи, процесот се одвива сосема автономно и не е потребно овозможување на кислород од надворешната средина, а брзината на согорување зависи од притисокот кој е во надворешната средина.

Под поимот согорување општо се подразбира брза хемиска реакција, при што потенцијалната енергија на поединечните материи се претвора во топлинска енергија и енергија на светлосното зрачење. Добиената топлинска енергија од овие процеси практично се претвора во механичка работа или електрична енергија, како што се индустриските печки, парните котли, моторите со внатрешно согорување, гасните турбини, но и непосредно се користи за загревање на простории, како и во најразлични индустриски гранки, како што се производство на стакло, керамичката индустрија, индустријата за производство на метал, цемент, цигли. Процесот на согорување се користи и за транспорт на проектилите, ракетите, воздухопловите и вселенските летала, а тоа значи дека околу 90% од вкупното производство на енергија во светски рамки се добива со процесот на согорување.

¹³⁶ Pleše M., *op. cit.*, str. 32. (1)

¹³⁷ Pleše M., *op. cit.*, str. 133. (1)

Процесот на согорување на горивните смеси и експлозивните материи започнува со реакција на оксидација и согорување кои се одвиваат во гасната фаза, без оглед на состојбата на почетната експлозивна материја или горивната смеса. Врз основа на ова, за сите процеси на согорување постои општа теорија на согорување со специфични фактори кои влијаат на тој процес кај гасните или кондензираните експлозивни материи и горивните смеси.

Процесот на согорување се заснова на топлинскиот механизам на samozabrzuvачки реакции, во чиј состав посебно се издвојуваат услови, како што се влијанието на акумулираната топлина во системот, топлинската проводливост во системот, брзината на хемиските реакции во системот и геометријата на системот.¹³⁸ Овие услови се нарекуваат критични услови во процесот на согорување.

1) Критични услови за почеток на процесот на согорување

Започнувањето на процесот на согорување на експлозивните материи најчесто се реализира со преку почетен импулс, кој може да биде локален топлински извор, како што се електрична искра, тело што жари, струјата која настанува од страна на високо загреаните продукти на согорувањето на други експлозивни материи, мал пламен. Меѓутоа, механизмот на принудно запалување не се разликува суштински од механизмот на samozapaluvње, бидејќи и во двата случаи важна улога имаат условите на samozabrzuvanje на реакција отколку условите за собирање на топлината.

Основна разлика помеѓу двата облика на запалување е во тоа што при принудното запалување samozabrzuvanje на реакцијата се одвива во ограничен дел на волуменот, додека во случајот на samozapaluvње се одвива во целиот волумен.

Механизмот на запалување или samozapaluvње се опишува преку топлинскиот баланс (флукс), со тоа што се разликуваат условите кои во одреден случај овозможуваат почеток и понатамошно стационарно одвивање на процесот на согорување. Условите кои го овозможуваат тоа се тие при кои стационарната распределба на температурата станува невозможна и тие услови се нарекуваат критични услови.

1.1) Критични услови на samozapaluvње

¹³⁸ Pleše M., *op. cit.*, str. 133. (1)

Енергијата на активирање на експлозивната материја се предава по пат на спроводливост, дифузија и зрачење на топлинската енергија. Најважни параметри за самиот процес претставуваат топлината на согорување, температурата, составот на продуктите на согорувањето и брзината на простирање на пламенот. Самата хемиска реакција се одвива во зоната на пламенот, при што се ослободува топлина, која понатаму се пренесува на следниот слој и му ја зголемува температурата. Кога ќе се постигне температурата на samozапалување, слојот се запалува и понатаму процесот се распростира на истиот начин.

Експерименталното одредување на критичните услови на samozапалување овозможуваат самиот процес да биде успешен. Фактори кои влијаат на процесот на согорување на експлозивните материи се следните:

- температура доволна за запалување на смесата;
- енергија за активирање;
- температурата на гасот во одделни точки внатре во садот;
- брзина на хемиската реакција во садот;
- преносот на топлина и
- топлинска спроводливост.

Добиените критични услови на samozапалување по експериментален пат овозможуваат одредување на обликот на садот, ја одредуваат неговата критична дебелина која овозможува ослободување на топлина и пренесување на истата и ја одредуваат нејзината критична температура со која би се реализирало samozапалувањето на експлозивната материја и одвивање на процесот на согорување.

1.2) Време на индукција и време на задржување

Времето кое поминува до создавање на критичните услови се нарекува период или време на индукција, додека времето кое поминува до samozапалување или запалување се нарекува време на задржување до почетокот на загревање или самозагревање.

Времето на индукција теоретски може да се одреди со помош на топлинската теорија, со претпоставка дека се создадени критичните услови при што доаѓа до акумулирање на топлината.

Времето на задржување се одредува при започнување на процесот на согорување за услови кои се поголеми од критичните услови, а тоа е времето поминато

до запалување, кое е поголемо од времето на индукција. Често пати времето на индукција и времето на задржување се земаат дека се приближно исти.

Основни фактори кои влијаат на акумулирање на температурата после воспоставување на критичните услови се:

- брзината на егзотермните хемиски реакции на почетната температура;
- коефициентот на температурната спроводливост, кој ги покажува топлинско – инерциските својства на експлозивните материи и
- обликот на набљудуваниот примерок и распределбата на температурата на тој примерок.

1.3) Критични услови кај принудното запалување

Кај припалувањето со помош на надворешен почетен топлински импулс, се разликуваат два типични случаи: првиот случај кога од надвор доведувањето на топлината е хомогено, а вториот случај кога доведувањето на топлината од надвор е локализирано.

Хомогеното доведување на топлина од надвор уште се нарекува и постепено загревање на експлозивните материи, кое се одвива по целата маса, со извор на топлина без пламен, до одреден степен со критична температура т.е. температура на samozapaluвање. По својот механизам овој начин е идентичен со начинот на запалување на експлозивните материи при појава на нестабилност и самозабрзувачки егзотермни реакции кои во тој случај претставуваат внатрешен хомоген извор на топлина. Во овој случај доаѓа до пораст на температурата по одредено време, што условува уште побрза хемиска реакција.

Локализираното загревање на експлозивните материи е со извор на топлина со пламен, електрична искра, тело што жари итн. со висок степен на температура. Во овој случај локализираниот топлински импулс се применува за припалување на потисни експлозивни материи, како и за предизвикување на детонација во детонаторите.

Кај хомогеното доведување на топлина од надвор, самозабрзувачкиот топлински процес се случува во краток временски интервал, затоа што постигнувањето на критичните услови и понатамошна акумулација на топлината е поголема и побрза.

Кај локализираните извори на топлина процесот е специфичен. За да може да се изврши запалување со помош на електрична искра, потребна е минимална енергија која ќе предизвика формирање на фронт на пламенот во горивната смеса. Секој извор

на запалување предава на горивната смеса одредена количина на топлина во единица време. Доколку при тоа се создадат услови да во одреден волумен на примерокот брзината на ослободената топлина (која претставува вкупна топлина од доведената и топлината на иницираната хемиска реакција во околните молекули) поголема од брзината на одведување на топлината надвор од примерокот, во тој случај ќе бидат задоволени критичните услови и ќе дојде до запалување на смесата.

При тоа мора да се има во предвид фактот дека температурата на припалување е секогаш поголема од температурата на самозапалување. Колку е помал изворот на припалување, неговата температура мора да биде поголема за да дојде до запалување.

1.4) Стационарна брзина на простирање на пламенот

Брзината на простирање на пламенот зависи од температурната спроводливост и брзината на хемиските реакции, односно времето на нивното траење. Во зоната на хемиските реакции, температурата е блиска со вредноста на температурата на согорување, па според тоа и количината која се троши на загревање на реагирачката смеса од температурата на запалување до температурата на согорување е мала. Целата топлина која се издвојува при хемиските реакции се предава на молекулите со помош на спроводливост во зоната на загревање, односно целата топлина се троши на загревање на следниот слој на нереагираната смеса.

А) Согорување на гасните експлозивни материи

Гасните експлозивни материи претставуваат смеси на гориво и оксиданси.¹³⁹ Вкупното време на согорување се состои од времето на физичкиот процес на мешање на горивото и оксидаторите и од времето на одвивање на хемиската реакција.

Доколку едното време е значително пократко од другото, вкупното време на согорување приближно е еднакво на времето на поспориот процес. Во случај кога однапред ќе се изврши потполно мешање на горивната смеса, како што е случајот кај експлозивните гасни смеси, тогаш целокупното време на процесот на согорување е еднакво на времето на одвивање на хемиските реакции. Процесот на согорување кој е организиран на овој начин се нарекува кинетички.

¹³⁹ Pleše M., *op. cit.*, str. 147. (1)

Кога во просторот во кој се одвива процесот на согорување се доведува посебно гориво и посебно оксидатор, тогаш дифузијата како најбавен степен ја ограничува брзината на целиот процес. Во тој случај времето на хемиските реакции се занемарува. Согорувањето кое е организирано на овој начин се нарекува дифузно.¹⁴⁰

За гасните експлозивни материи вообичаени се случаевите на кинетичкото согорување, додека согорувањето на фино распрсканите капки во воздухот, кои се нарекуваат аеросолни експлозивни материи, имаат карактеристики на хетерогено дифузно согорување.

1) Граница на запаливост на гасните експлозивни материи

Сите гасни горивни смеси не се запаливи или согорувањето може да се одвива само во одредена граница на запаливост. Постои долна граница, која претставува минимална количина на горивните компоненти во смесата кај која процесот на согорување сè уште евозможен и горна граница, која претставува максимална количина на горивните компоненти во смесата кај која процесот на согорување сè уште евозможен. Овие граници не се константни и во одредена мерка зависат од следните фактори: начинот на одредување на запаливоста, примесите, притисокот, температурата, спроводливоста, брзината на согорување итн.

1.1) Влијание на методите на одредување на зоната на запаливост

Стандардна апаратура за одредување на границите на запаливост се состои од вертикални стаклени цевки, со дијаметар од 50 mm и висина од 1,5 m.

Границите на запаливост, кои се одредуваат кога пламенот се простира од врвот на цевката кон дното, се пократки од оние кај кои пламенот се простира од дното кон нејзиниот врв. Кога цевката е во хоризонтална положба, ширината на границата на запаливост е помеѓу двата случаи кога цевката е во вертикална положба.

Познавањето на границата на запаливост на одделни горивни смеси има голема практична важност, заради организирање на процесот на согорување и одржување на безбедносни услови за спречување на експлозии и пожари во просториите во кои се произведуваат или користат запаливи гасови.

¹⁴⁰ Pleše M., *op. cit.*, str. 147. (1)

1.2) Влијание на примесите на зоната на запаливост

На ширината на зоната на запаливост големо влијание имаат инертните примеси кои можат да се затекнат во горивната смеса. Доколку се одредат границите на запаливост на горивните смеси и чистиот кислород, тогаш горната граница на запаливост се зголемува.

Азотот, кој преставува инертен гас во воздухот, ја смалува границата на запаливост. Исто такво дејство имаат јаглеродниот диоксид CO_2 , хелиумот He , аргонот Ar и други инертни додатоци, како што се бром, јодетил, тетрафлуорјаглерод. Во многу мали количини тие можат значително да ја намалат брзината на простирање на пламенот низ некои горивни смеси, или можат да ги направат незапаливи. За пресметка на границата на запаливост на смесата која се состои од повеќе горивни компоненти, се одредува границата на запаливост на поединечните горивни компоненти и инертните додатоци, за потоа да може да се одреди зоната на запаливост на целата смеса.

1.3) Влијание на притисокот и температурата на зоната на запаливост

Намалувањето на притисокот во гасот под атмосферскиот најнапред доведува до постепено намалување на зоната на запаливост, а кога притисокот ќе биде доволно намален, тогаш може да дојде до гаснење на зоната на запаливост.

Со зголемување на притисокот над атмосферскиот, на границата на запаливост на горивната смеса влијае и брзината на хемиските реакции, спроводливоста на горивната смеса, дијаметарот на цевката во која се одредува запаливоста, материјалот од кој цевката е изработена, количината на честичките прашина во воздухот итн.

2) Фактори кои влијаат на карактеристиките и брзината на согорување на гасните експлозивни материји

Нормалната брзина на согорување зависи од повеќе фактори: хемискиот состав на горивната смеса, структурата на молекулите на горивото, присутноста на инертните смеси, притисокот и температурата на смесата.

а) Влијанието на хемискиот состав на брзината на согорување на гасните експлозивни материи

Нормалната брзина на согорување не е еднаква во целата зона на запаливост и таа достигнува одредена максимална вредност.

Максималната брзина на согорување е поместена во правец кон побогатите смеси, т.е. смеси кои имаат повеќе горивни компоненти, каде што коефициентот на кислород е помал од 100%.

Поместувањето на максимумот на брзината на согорување претставува создавање на големи концентрации на активни центри во зоната на реакција, што доведува до зголемување на брзината на хемиска реакција. Кај смесата која е составена од водород и кислород доаѓа и до зголемување на топлинската дифузност, што доведува до зголемување на брзината на согорување.

Доколку е позната максималната брзина на согорување за поединечни смеси на горивните компоненти со кислород, може да се пресмета и максималната брзина за смеси кои се составени со повеќе горивни компоненти.

Во случај горивната смеса да содржи инертна компонента, како што се јаглероден диоксид CO_2 , азот N_2 , потребно е да се изврши корекција на пресметките, при тоа земајќи ги во предвид и инертните компоненти кои влијаат на брзината на согорување на гасните експлозивни материи.

б) Влијанието на примесите на брзината на согорување на гасните експлозивни материи

Одделни примеси можат да влијаат на зголемување на брзината на согорување во смесата составена од јаглероден моноксид CO и кислород O_2 . Кога оваа смеса е потполно сува не може да се запали, но со присуство на многу мала количина на вода во смесата, таа станува способна за согорување.

Повеќето од примесите се од инертен карактер и влијаат на смалување на брзината на согорување на одделни смеси. Влијанието на јаглероден диоксид CO_2 и азот N_2 на горивната смеса водород H_2 , јаглероден моноксид CO и метан е во насока на зголемување на брзината на согорување со додавање на 1,35% вода H_2O во смесата и 1,5% водород H_2 .

в) Влијанието на структурата на молекулите на горивната компонента

Колку повеќе врските во молекулите на горивната компонента се послаби, тогаш полесно започнува процесот на оксидација и брзината на простирање на пламенот е поголема. Двојната и тројната врска во молекулите на јалеродниот водород во голема мерка ја зголемува брзината на согорување. Со зголемување на бројот на атоми на јалерод се намалува влијанието на двојната и тројната врска и порастот на брзината на согорување не е голем.

г) Влијанието на притисокот на брзината на согорување на гасните експлозивни материји

Влијанието на притисокот на нормалната брзина на простирање на пламенот може да се согледа преку брзината на хемиската реакција и коефициентот на температурната спроводливост. Во тој случај брзината на согорување опаѓа со порастот на притисокот. Тоа е случај речиси кај сите горивни смеси, кој е потврден и експериментално.

Појавата на почетниот максимум на брзината на согорување за смесата јалероден моноксид СО и воздух е резултат на променливата количина на влага во самата смеса.

При зголемен притисок, густината на горивната смеса се зголемува, што значи брзината на масата расте линеарно со порастот на притисокот, без оглед на смалување на брзината на простирање на пламенот низ смесата.

д) Влијанието на почетната температура на горивната смеса на брзината на согорување

Зголемувањето на почетната температура на горивната смеса предизвикува и пораст на брзината на согорувањето.

3) Согорување на експлозивните смеси на одредени прадини со воздух

Запалива смеса можат да сочинуваат и крути материји доколку се потполно иситнети и дисперзирани во воздухот. Експлозивни прадини се две основни групи:

а) смеси на органски честички (горивни компоненти) со воздух (брашно од бели житарки, шеќер, дрвена струготина, јалена прашина) и

б) смеси на неорганички честички со воздух (разни метални прашоци – алуминиум, магнезиум, циркониум, титан, сулфур).

За да дојде до согорување на овие смеси, мора да бидат исполнети два основни услова и тоа:

- во воздухот да биде одредена минимална концентрација на прашина во состојба на лебдење и

- почетниот импулс (пламен, искра) да биде многу силен – и по интензитет и по должина на траење – за разлика од останатите горивни смеси.

Запаливоста на овие системи зависи од многу фактори, меѓу кои позначајни се:

- хемискиот состав и структурата на прашина, како и гасната фаза;
- обликот, големината и специфичната површина на честичките прашина;
- почетната температура на притисокот.

4) Согорување на аеросолните смеси на експлозивните материи

Фино распрсканите капки на горивната смеса во воздухот, во одредени граници ја сочинуваат експлозивната смеса. Таквите распрскани системи се нарекуваат аеросолни експлозивни материи.

Согорувањето на аеросолните експлозивни материи претставува многу сложен процес кој зависи од неколку фактори, пред сè од распрсканоста и дисперзноста на облакот, од движењето на капките по балистичката траекторија до испарување и мешањето на пареите со воздухот, како и согорувањето на поединечните капки и нивно меѓусебно дејствување.

За да се разбере процесот на согорување на аеросолниот облак на експлозивните материи, потребно е проучување на законитоста на согорување на поединечните капки.

Согорувањето на капките при мирно струење на воздухот претставува типичен дифузиjsки процес, кој се состои од следните чекори:

1. испарување на капките;
2. дифузија на пареите од површината и мешање со кислородот;
3. согорување на гасната смеса.

Сферниот фронт на пламенот настанува на оддалеченост од средиштето на капките, кое приближно е еднакво на 10 нејзини радиуси.

Б) Согорување на кондензираните експлозивни материи

Механизмот на согорувањето на кондензираните системи претставува посложен процес од механизмот на согорување на гасните експлозивни материи колку тоа да биде условено од процесите на топење и испарување на течните и тврдите (цврстите), но лесно испарливи експлозивни материи. Кај овој вид на експлозивни материи реакциите на согорување се одвиваат во гасната фаза. Механизмите на топење и испарување во голема мерка влијаат на брзината и траењето на вкупниот процес на согорување. На овој механизам особено значајно влијание има притисокот на површината на експлозивните материи, каде што колку е повисок притисокот, толку е поголема брзината на согорување. За доволно висок притисок и во тврдата (цврстата) фаза можат да се иницираат егзотермни реакции на разложување. Тоа доведува до зголемување на брзината на согорување, затоа што дел од топлината која се ослободува во кондензираната фаза директно со спроведување се предава на следниот слој, не само низ гасовитиот слој.

На која вредност од притисокот ќе дојде до согорување на експлозивните материи зависи од нивната порозност. Кај прашкастите експлозивни материи порозноста е доволно голема, така што сите пори се поврзани меѓу себе, додека кај пресуваните или лиените е помала, па затоа порите меѓу себе се изолирани по масата на експлозивните материи. Непорозните експлозивни материи се и тешко испарливи, па кај нив реакцијата на согорување се одвива само во крутата фаза, а на брзината на согорување не влијае притисокот на површината на експлозивните материи.

Постојат неколку процеси на согорување на кондензираните експлозивни материи и тоа:

- согорување на течни експлозивни материи;
- согорување на цврсти испарливи експлозивни материи и
- согорување на неиспарливи експлозивни материи.¹⁴¹

При сите овие процеси на согорување на експлозивните материи важно е тоа дека за поединечни критични параметри се дефинирани две вредности: долна вредност, кај која се постигнува стационарно согорување, додека горната е вредност каде што стационарното согорување е нарушено и каде што постои услов согорувањето да премине во детонација.

¹⁴¹ Pleše M., *op. cit.*, str. 161. (1)

1) Специфичност при согорувањето на течните експлозивни материи

По запалувањето на течноста, експлозивната материја кои се наоѓаат во отворен сад над површината на течноста, создава пламен.

Хемиските реакции во зоната на согорување се одвиваат со голема брзина, додека вкупниот процес на согорување е ограничен со брзината на испарување како најбавен процес. Од овие причини, во стационарниот режим на согорување, брзината на согорување е еднаква со брзината на испарување. Брзината на согорување се одредува со мерење на брзината на опаѓање на нивото на течноста во садот.

Фактори кои влијаат на граничните услови на стационарното согурување и брзината на согорување се следните:

- карактеристики на експлозивната материја;
- големината на садот во кој се одвива согорувањето;
- притисокот на околината.

2) Согорување на цврсти испарливи експлозивни материи

Речиси сите цврсти експлозивни материи се испарливи и при релативно ниски температури.¹⁴² Доколку температурата се зголемува, како резултат на доведување на топлина од надвор, влијае на брзината на хемиската реакција и масата на загреаниот слој на експлозивната материја.

Доколку напонот на пареите на експлозивната материја е поголем од надворешниот притисок, тогаш испарувањето ќе се одвива по целиот волумен на загреаниот слој на експлозивната материја. Доколку напонот на пареите при одредена температура е помал од надворешниот притисок, испарувањето ќе се одвива само на површинскиот слој на експлозивната материја.

При воспоставувањето на режимот на согорување, доведената топлина се распоредува речиси по целата маса.

Кај мономолекуларните реакции, постои голема веројатност дека молекулата ќе се здобие со одредена енергија за активација, која е потребна за отпочнување на хемиска реакција, така што постои веројатност дека молекулата ќе добие потребна количина на топлина за нејзино испарување.

Топлината која се издвојува при согорување на испарените експлозивни материи, поголемиот дел се троши на испарување на нови количини цврсти експлозивни материи и на тој начин брзината на согорување се стационарира. Многу

¹⁴² Според теоријата на А.Ф.Велјаев, која уште се нарекува и Општа теорија на согорување.

фактори влијаат на стационарање на брзината на согорување, како што се природата на самата експлозивна материја, притисокот, температурата, густината, шуплината итн.

3) Согорување на цврсти неиспарливи експлозивни материи

Доколку температурата на вриење на експлозивните материи е поголема од температурата при која се одвиваат интензивни хемиски реакции, топлината на испарување е приближна на вредноста на енергијата за активирање, доколку се работи за непозната експлозивна материја, разложувањето ќе се одвива во кондензирана фаза. Дел од хемиската реакција се одвива и во гасна фаза, што го усложнува целиот процес на согорување на тие експлозивни материи. Ваква организација на процесот на согорување карактеристична е за нитрцелулозата, нитроцелулозните барути, разорниот желатин и желатинизираните динамити.

Хемиските реакции кои се одвиваат во кондензираната фаза кај овие експлозивни материи ослободуваат околу 50% од енергијата и на тој дел на пренесувањето на енергијата и масата притисокот нема влијание. Меѓупродуктите кои настануваат во гасната фаза, како што се азотен диоксид NO_2 , азотен оксид NO и други ослободуваат дополнителна количина на енергија со своето согорување и на таа брзина притисокот има влијание. Кај пониските вредности на притисокот одлучувачка улога во процесот на согорување имаат првите реакции во кондензираната фаза. При повисоки вредности на притисокот големо влијание имаат меѓуреакциите на создавање на азотен оксид NO кои се одвиваат во гасната фаза, додека при уште поголеми вредности на притисокот одлучувачка улога имаат дополнителните реакции помеѓу продуктите на непотполното согорување и азотниот оксид NO во гасната фаза.

Овие фактори го овозможуваат регулирањето на брзината на согорувањето во зависност од вредноста на притисокот кај експлозивните материи, со додавање на различни додатоци, како што се адитиви, модификатори.

4) Фактори кои влијаат на карактеристиките и брзината на согорување на кондензираните експлозивни материи

На карактеристиките, организацијата и брзината на процесот на согорување на кондензираните експлозивни материи големо влијание имаат самите критични параметри кои се во директна врска со природата на експлозивните материи, дисперзноста на системот, надворешното влијание на притисокот и температурата и условите на средината во кои процесот на согорување се одвива.

4.1) Критични параметри при согорувањето на кондензираните експлозивни материји

При слоево согорување на експлозивните материји, појавата на критичниот дијаметар, како и видливото влијание на надворешната температура и притисок на негово смалување, се објаснува со помош на анализата на преносот на топлината во тој процес. Согорувањето се простира заради преносот на топлината во соседниот слој, која се ослободува од претходниот слој. Истовремено се појавуваат одредени топлински загуби. Тие се состојат од топлината која ја содржат гасните продукти кои се шират во спротивен правец, како и од топлината која се оддава во околината преку сидот на цевката.

Согорувањето е стационарно само доколку количината на топлина која се пренесува на следниот слој од експлозивната материја, заедно со топлинските губитоци, е во рамнотежа со топлината која се ослободува при реакција на согорувањето.

Доколку вкупните топлински губитоци заради некоја причина се зголемат, што може да биде и намалување на доводот на топлина, процесот на согорување може и да згасне. Доколку заради зголемување на притисокот или температурата се забрзаат егзотермните реакции во зоната на согорување, а со тоа се зголеми и количината на дотокот на топлина, може да дојде до забрзување на процесот на согорување и до експлозија.

Во процесот на согорување на експлозивните материји постојат две критични вредности. Долната критична вредност на одредени параметри претставува нивна минимална вредност кај кои се обезбедува стационарно спроведување на согорување, додека горната критична вредност претставува граница кога согорувањето преминува во детонација.

Критичен дијаметар на согорување претставува минималниот дијаметар на полнењата на експлозивните материји кај кој се овозможува стационарно согорување. Таа граница не е апсолутна карактеристика на експлозивните материји, туку зависи од својствата на експлозивните материји, условите на согорување, притисокот, почетната температура и други својства. Колку се поголеми вредностите на притисокот и температурата, толку критичниот дијаметар е помал при исти услови.

За одреден дијаметар на експлозивните материји постојат гранични вредности на притисокот или температурата под кои согорувањето се гаси. Во тој случај станува

збор за критичен притисок или критична температура за одвивање на стационарен режим на согорување.

За разлика од влијанието на притисокот и почетната температура, улогата на густината и нејзиното влијание на големината на критичниот дијаметар може да биде различна, што зависи од природата на експлозивните материи, односно дали станува збор за порозни или непорозни експлозивни материи. Влијанието на густината на можноста за согорување особено е изразено кај прашкастите експлозивни материи. Кај испарливите (топливите), со намалување на густината под некоја вредност, не се одвива согорување, додека во случајот на неиспарливите (нетопливите) експлозивни материи воочливо е прекинување на согорувањето над некоја вредност на густината.

Кај топливите експлозивни материи при мала густина порозноста е поголема и топлинските губитоци се поголеми од доведената топлина и од таа причина согорувањето се гаси.

Кај нетопливите експлозивни материи со зголемувањето на густината се зголемува и проводливоста, што значи дека при одредена вредност на густината доаѓа до гасење на процесот.

Кај порозните експлозивни материи, значајна е граничната вредност која условува стационарно согорување, која се нарекува масена брзина на согорување по хидрауличниот дијаметар на порите. Доколку оваа вредност е помала од некоја критична величина, тогаш согорувањето е стационарно. На критичната вредност на масената брзина на согорување по хидрауличниот дијаметар на порите влијаат повеќе фактори, како што се дисперзноста, содржината на горивната компонента (сензибилизатор) и големината на честичките.

4.2) Влијанието на порозноста на процесот на согорување

Порозноста има значајно влијание на согорувањето на крутите експлозивни материи, што станува збор за два вида на организирање на тој процес во зависност од порозноста:

- согорување на системот со поврзани пори и
- согорување на системот со изолирани пори.

Порозноста се дефинира како однос помеѓу волуменот на порите и вкупниот волумен. Доколку порозноста е поголема од 0,16 – 0,20, тогаш порите меѓусебе се поврзани. Меѓусебниот однос на порите и нивната распространетост по масата влијаат

на механичките карактеристики и на карактеристиките на деформација на експлозивните материји при нивно пресување.

Порозноста има големо влијание на критичните параметри на согорувањето, особено на критичниот притисок. При вредности кои се помали од критичниот притисок, согорувањето е стационарно, додека при поголеми вредности станува збор за нестационарно согорување.

4.3) Влијанието на притисокот на брзината на согорување на експлозивните материји

Најголемо влијание на брзината на согорување на експлозивните материји, освен нивните својства, има притисокот. Зголемувањето на притисокот предизвикува зголемување на брзината на согорување, а при доволно висок притисок согорувањето станува нестабилно и преминува во детонација. Во зависност од својствата на експлозивните материји и големината на надворешниот притисок, се дефинираат повеќе влијанија на притисокот врз брзината на согорувањето. Сите влијанија имаат една карактеристика, а таа карактеристика е дека брзината на согорување се зголемува побавно од зголемувањето на притисокот.

При поголем притисок доаѓа до механичко оштетување на преградите помеѓу порите на експлозивната материја, што доведува до зголемување на брзината на согорување и нагло зголемување на брзината на согорување.

Кај некои експлозивни материји постојат и некои внатрешни шуплини, кои се настанати како последица на технологијата (забрзано ладење) или некое механичко напрегање (истегнување, потрес, заостанати внатрешни напони итн.), па е од особена важност познавањето на врската помеѓу порозноста и настанатите деформации.

Најмала зависност на брзината на согорувањето од притисокот има кај нитроглицеринските барути, дел од бризантните експлозивни материји кои влегуваат во состав на барутите.

Најголемо влијание на притисокот има при согорувањето на иницијалните експлозивни материји. Тие се нестабилни што дури и при атмосферски притисок може да премине согорувањето во детонација. Тоа настанува заради лесното продирање на продуктите од реакцијата во порите на експлозивните материји, со што непрекинато се зголемува површината на согорување.

4.4) Влијанието на температурата на брзината на согорување на експлозивните материји

Зголемувањето на почетната температура на која процесот на согорување се одвива, условува и зголемување на брзината на согорување. Приближно зголемување на температурата за 100 К значи зголемување на брзината на согорување за 1,5 – 2 пати кај потполно испарливите експлозивни материји.¹⁴³ Поголемо е влијанието кај нитроестерите, додека помало кај испарливите бризантни експлозивни материји.

Одредувањето на зависноста на брзината на согорување на кондензираните експлозивни од почетната температура е ограничено со долна и горна вредност. Кај долната вредност согорувањето е стабилно, додека кај горната граница доаѓа до премин во детонација и температурата е приближна до температурата на запалување на експлозивните материји.

4.5) Влијанието на облогите на полнењата на согорувањето на експлозивните материји

На согорувањето може да влијае и облогата на полнењата, т.е. спроводливоста на материјалот на облогата и спречување на брзо намалување на притисокот на гасните продукти на согорувањето. За облоги со поголема спроводливост на топлина (метали), кај подебелите сидови критичниот дијаметар е поголем.

4.6) Влијанието на додатоките на брзината на согорувањето на експлозивните материји

Со разни додатоци може да се корегира и регулира брзината на согорување. Посебно се значајни додатоките кои ја смалуваат вредноста на зголемување на брзината на согорување.

Доколку вредноста на согорувањето опаѓа и во порите вредноста е приближно еднаква на нула, тогаш станува збор за плато – ефект, а ако вредноста на брзината стане негативна, тогаш станува збор за мезо – ефект.

Кај потисните експлозивни материји кај кои одредени додатоци предизвикуваат плато или мезо – ефект, покажуваат многу мали промени на брзината на согорување и во однос на надворешната температура, имаат голема употреблива вредност.

¹⁴³ Pleše M., *op. cit.*, str. 173. (1)

Постојат органски и неоргански додатоци кои се користат за регулирање на брзината на согорување на експлозивните материи.

Од органски додатоци се издвојуваат солите на тешките метали на алифатските и ароматските киселини, како што се оловен стеарат, оловен фталат, оловен или бакарен салицилат. Овие соли, со овозможување на плато или мезо – ефект, ја зголемуваат стабилноста при согорување. Исто така позитивно влијаат и на механичките карактеристики на барутот, но голема негативност имаат што истовремено ја намалуваат енергетската моќ на барутот. Оваа негативност на органските додатоци не е толку воочлива кај некои неоргански соли, како што се калиум алуминиум флуорид (K_3AlF_6), оловен оксид (PbO), магнезиум оксид (MgO), калциум карбонат ($CaCO_3$) и јаглороден C – графит со многу фина дисперзност.

5) Премин на согорувањето во детонација

Преминувањето на согорувањето во детонација се врши со нестационарен процес, со поволни услови кои одговараат за тој премин. Причини кои можат да иницираат премин на согорувањето во детонација во зависност од агрегатната состојба се следните:

- нарушување на рамнотежата на дотокот и одливот на гасните продукти на разложувањето;
- деформирање на фронтот на пламенот и зголемување на површината на согорување во длабината на порозните експлозивни материи или изместување на фронтот на пламенот кај течните експлозивни материи;
- настанување на ударни бранови во зоната на реакција зад фронтот на пламенот, што е предизвикано од зголемувањето на притисокот;
- ставањето на полнењата на експлозивните материи во облоги кои го поттикнуваат согорувањето и развојот на процесот на детонација.

5.1) Премин на согорувањето во детонација кај гасните експлозивни материи

Проучувањето на механизмите за премин на согорувањето на гасните експлозивни материи во детонација се темели на истражувањето на нестационарните процеси на простирање на пламенот во гасните смеси.

Доколку се иницира гасна смеша која се наоѓа во отворена цевка, во тој случај се формира фронт на пламенот кој се движи со постојана брзина долж цевката. Во случај пламенот да се простира во затворена цевка, брзината на согорување постојано расте

како последица на прогресивното компримирање на гасните смеси пред фронтот на пламенот. На почетокот на простирањето на фронтот на пламенот настанува бран од компримирање кој се движи напред, при што ја загрева средината и ја зголемува густината. Тоа доведува до забрзување на хемиските реакции, што влијае на зголемување на брзината на простирање на пламенот. Забрзувањето на фронтот на пламенот предизвикува поинтензивни бранови на компримирање кои предизвикуваат посилено загревање и зголемување на густината на гасот. На тој начин процесот станува samozabrzuvачки. Имајќи во предвид дека фронтот на пламенот се преместува побавно отколку формираните компримиран бран (ударен бран), оддалеченоста помеѓу нив постојано се зголемува. Тој простор се нарекува преддетонирачка зона. Во таа зона непрекинато се појавуваат нови центри на горење, кои се нарекуваат жешки точки, што условува samozapaluvanje на неразложените експлозивни материи пред самиот фронт на согорување, со што се овозможува формирање на нов фронт, кој е непосредно поддржан од енергијата на реакцијата од реакциските зони на согорување. Врз основа на ова, многу силно расте брзината и интензитетот на новоформираните бран. Со такво забрзување настанува стационарен детонирачки бран.

Една од главните карактеристики која ја покажува способноста за премин на гасната смеша во детонација е преддетонацискиот пат. Тоа претставува оддалеченоста од местото на палење до местото на детонација. Преддетонацискиот пат зависи од притисокот и се скратува со зголемување на притисокот, додека зголемувањето на дијаметарот на цевката ја отежнува појавата на детонација, како и почетната температура. На тоа влијае и карактеристиката на почетниот импулс.

5.2) Премин на согорувањето во детонација кај течните експлозивни материи

Согорувањето на течните експлозивни материи, пред сè, зависи од притисокот, а потоа и од брзината на масата. Густината на повеќето експлозивни материи во течната фаза се движи од 1,2 – 1,6 g/cm³, додека густината на продуктите на согорувањето може лесно да се одреди доколку е познат волуменот на гасните продукти и температурата на согорување.

Вредноста на површинскиот напон кој се јавува кај течните експлозивни материи се нарекува парахор¹⁴⁴, кој е многу тешко да се утврди експериментално.

¹⁴⁴ Добиено со помош на равенката на McLeod, што го претставува молекулскиот волумен.

Парахорот, всушност претставува молекулски волумен кој е модифициран со цел да може да се елиминира влијанието на кохезиските сили. Тој може да се одреди доколку се соберат парахорите за секој атом во молекулата на експлозивната материја (јаглерод С, водород Н, азот N, кислород О) и членовите за типовите на врска (еднократна, двократна и останати) кои се присутни.

5.3) Премин на согорувањето во детонација кај цврстите експлозивни материи

Преминот на согорување во детонација кај цврстите експлозивни материи е повеќекратен нестационарен процес. Со цел да се добие комплетна информација за процесот, потребна е примена на различни методи и при тоа правилно да се одредат основните параметри, како што се брзина, притисок, температура во секоја од фазите на премин.

Кај цврстите експлозивни материи истражувањата се посложени отколку кај гасните, од причина што цврстите експлозивни материи се непросирни, што ја отежнува примената на оптичкиот метод.

При мали и нормални притисоци процесот на согорување кај повеќето експлозивни материи се шири слоевито и рамномерно, додека при некој критичен притисок или некој друг критичен услов доаѓа до нестационарност на процесот на согорување и до премин во детонација.

Процесот на преминот на согорувањето во детонација кај цврстите експлозивни материи го сочинуваат четири фази и тоа:

I – стабилно согорување по паралелни слоеви;

II – конвектно согорување;

III – режим на експлозивно претворање на малите брзини на детонација
(800 – 3500 m/s) и

IV – стационарна, нормална детонација.

1. Конвектно согорување

Кај конвектното согорување на порозните експлозивни материи продираат гасни продукти на согорувањето во внатрешноста на порите, при што површината на согорување нагло се зголемува, а со тоа расте и брзината од 10 до 100 пати. Кај овие експлозивни материи, конвектниот режим на согорување е последица на интензивното

отфрлање на материи заради струењето на гасните продукти. Фронтот на пламенот е искривен, а зоната на согорување (хемиски реакции) е продолжена.

Кај непорозните системи конвектното согорување е на сличен начин како кај порозните. Со мала промена на температурата, односно нејзино зголемување, кај кристалните експлозивни материи се предизвикува напрегања во загреаниот слој на експлозивните материи, при што се појавуваат пукнатини во кристалите на експлозивната материја. Овој модел на конвектно согорување е сличен со турболентното согорување на гасните експлозивни материи.

Брзината на конвектното согорување постојано се зголемува и процесот е забрзувачки со силни пулсирања, што доведува до непрекинато зголемување на притисокот во зоната на согорување, кој пак, доведува до понатамошно зголемување на брзината на согорување. Со зголемувањето на брзината на процесот се зголемува и интензивноста на бранот на компримирање, кој се движи пред фронтот на палење и при некои гранични вредности бранот на компримирање станува способен за иницирање на хемиски реакции и во претходниот слој на експлозивните материи. Ова доведува до промена на самиот механизам на конвектно согорување, односно да брановиден режим на детонација со мала брзина.

2. Експлозивно претворање со мала брзина на детонација

Брзината на експлозивното претворање со мала брзина на детонација е 2 до 10 пати помала од брзината на нормална детонација.

Детонацијата со мала брзина често пати се нарекува и брановидно согорување. Иако долго време се сметало дека режимот со мала брзина на детонација е потполно нестабилен процес, сепак со помош на експерименти се одредени граничните услови кога овој режим, иако е преоден, сепак е стабилен. Тоа може да биде и на растојание од 40 – 50 дијаметри од полнењето по должина.

Условите на стабилно воспоставување на режим со мала брзина на детонација се разликува кај порозните (прашкастите) експлозивни материи и кај помалку порозните или непорозните експлозивни материи (лиените и пресуваните).

а) Услови на стабилен режим со мала брзина на детонација кај прашкастите експлозивни материи – чисти споеви

Со цел да се утврдат условите на стабилен режим со мала брзина на детонација кај прашкастите експлозивни материи – чисти споеви, правени се истражувања со основите еднородни експлозивни материи, како што се ТНТ, тетрил, пентрит, хексоген. При тоа, прашкастите експлозивни материи се пакувани во целофан или плексиглас, додека иницирањето е спроведено со слаб ударен бран кој е предизвикан со специјално полнење. Утврдено е дека на стабилниот режим со мала брзина на детонација најмногу влијае дијаметарот на честичките на експлозивното полнење и дијаметарот на полнењето, како и густината на полнењето.

Брзината на стабилна детонација со мала брзина се зголемува кога се зголемува дијаметарот на полнењето и се намалува големината на честичките.

Густината на режимот со мала брзина на детонација влијае на тој начин што кај малите густини, брзината се зголемува кога густината се намалува, додека кај поголемите густини режимот не зависи од густината.

Со испитување на основните експлозивни карактеристики кај стабилниот режим со мала брзина на детонација, може да се дојде до следниот заклучок:

- максималната брзина на детонација кај овој режим изнесува 2000 – 3000 m/s, не зависи од дисперзноста на материјата и е иста кај различните експлозивни материи;

- притисокот во детонацискиот бран кај овој режим изнесува од 0,75 – 1,5 GPa, за разлика од притисокот во детонацискиот бран кај нормални детонации, кој се движи и до 5 GPa;

- кај овој режим се издвојува само дел од енергијата во споредба со нормалната детонација, односно одвоената топлина изнесува само 30 – 35% од енергијата при нормална детонација.

б) Услови на стабилен режим со мала брзина на детонација кај лиените и прашкастите – еднородни експлозивни материи

На стабилниот режим со мала брзина на детонација кај еднородните експлозивни материи со голема густина посебно влијае дебелината и материјалот на ѕидот на облогата, дијаметарот и должината на полнењето, како и самиот вид на експлозивна материја.

Испитувањата се правени на пентрит, хексоген, пентолит, ТНТ со примена на оптички, пиезоелектрични методи, како и методи на ултрабрза камера.

Кај пентрит со густина $\rho=1,73 \text{ g/cm}^3$, густина при ставање $\rho_0 = 0,973 \text{ g/cm}^3$, дијаметар на честичките од 500 μ во челична цевка со внатрешен дијаметар од 5 mm, далечината на полнење е променлива од 150 до 250 mm и дебелината на сидот. Далечината на полнење нема значително влијание на испитуваниот режим, бидејќи подрачјето на режимот со мала брзина на детонација е на оддалеченост од 20 до 30 mm од местото на запалување. Поголемо влијание се забележува од дебелината на сидот на самата облога. Од дебелината на сидот на облогата зависи и притисокот во цевката.

3. Премин на детонацијата со мала брзина во нормална детонација

Стабилното простирање на процесот со мала брзина се одвива при одредени услови: одредена густина, големина на честичките на експлозивната материја, дијаметарот на полнењата и масивноста на облогата. Со промена на еден од овие параметри доаѓа до нестабилност на процесот и до премин во нормална детонација.

Неопходен и доволен услов за појава на нормална детонација е создавање на ударни бранови во полнењето, чиј дијаметар е поголем од дијаметарот на полнењето, при што интензитетот на ударниот бран мора да биде поголем од одредени критични вредности. Доколку притисокот на ударниот бран е помал од некој критичен притисок, тогаш режимот на мали брзини на детонација сè уште е стабилен. Доколку притисокот на ударниот бран е поголем од критичниот, тогаш се одвива нормална детонација.

2.7.2. Експлозија

1) Поим за експлозија и нејзини фази

Под поимот експлозија се подразбира доволно брз процес на претворање на физичкиот, хемискиот или нуклеарниот состав од една во друга состојба.¹⁴⁵ Овој процес е проследен со преминување на елементарните честички на потенцијалната и кинетичката енергија во механичка работа. работата која се извршува при експлозијата условен е со брзата експлозија на гасовите кои биле или се создадени за време на

¹⁴⁵ Pleše M., *op. cit.*, str. 25. (1)

експлозијата. Основни карактеристики на експлозијата се наглиот скок на притисокот на местото на експлозијата и променливата брзина на распростирање на процесот.¹⁴⁶

При описот на феноменот на експлозијата се издвојуваат две фази и тоа:

- I фаза, која претставува претворање на некој облик на енергија во енергија на силно компримирани гасови и

- II фаза, која претставува многу брзо ширење на гасовите под висок притисок, каде што е нагласена појавата на механичка работа како последица на експанзијата на гасовите.

2) Видови на експлозии

Експлозиите можат да предизвикаат појави кои имаат физички, хемиски или нуклеарни карактеристики. Во зависност од обележјата на предизвиканата појава, експлозиите можат да бидат:

- физички,
- хемиски и
- нуклеарни.

2.1) Физички експлозии

Физичките експлозии се предизвикани од физичките појави, каде што материите моментално преминуваат од една во друга физичка состојба.

Физичката експлозија ја предизвикуваат следните појави:

- експлозија на прегреан парен котел, каде што механичката работа се врши на сметка на енергијата на пареата која е настаната со испарување на врелата вода, односно енталпија, која ја имала водата во котелот непосредно пред експлозијата;

- удар на метеор, каде што кинетичката енергија се претвора во топлинска заради брзото запирање, бидејќи телата кои се движат со брзина од 1,5 km/s и поголема, заради брзото запирање имаат обележје на експлозии, бидејќи доаѓа до жарење, топење и испарување на овие тела при што нагло се загрева околниот воздух;

- прскање на сад под притисок;

¹⁴⁶ Акаван Ж., *оп. цит.*, стр. 21. (1)

- експлозии кои настануваат заради електрично празнење на висок напон, како што е молњата. Во тој случај брзо се загрева околниот воздух кој предизвикува зголемување на притисокот и брза експанзија во облика на ударен бран – гром;

- експлозии кои се појавуваат заради осветлување на некои материи со многу силни светлосни импулси, кои можат да се добијат од квантните генератори – ласери;

- потреси, чија што енергија е доволно голема;

- вулкани;

- настанување на нови ѕвезди.

Физичките експлозии имаат ограничена примена и се цел на специјални научни истражувања.

2.2) Нуклеарни експлозии

Нуклеарните експлозии се последица на верижни нуклеарни реакции кои можат да се одвиваат со помош на фисија (цепење) или фузија (спојување) на јадрата со ослободување на многу голема количина на енергија во различни појавни облици:

- топлинска енергија,

- механичка енергија и

- енергија во облик на зрачење.

2.3) Хемиски експлозии

Под поимот хемиска експлозија се подразбира самораспространувачки процес на хемиските реакции низ експлозивната материја. Заради големата брзина на одвивање на хемиските реакции, процесот се одвива во волуменот на самите експлозивни материи. Заради одвивање на егзотермни реакции се ослободува топлина, која ги загрева гасните продукти кои се под многу висок притисок.

За да може хемискиот состав според своите карактеристики да биде експлозивен, мора да ги задоволи следните основни услови:

- егзотермност,

- голема брзина на одвивање на реакцијата и

- настанување на гасни продукти.

Од овие услови произлегува и факторот на самораспространување кој мора да биде задоволен за експлозивност на хемискиот состав. Започнатиот процес на едно место мора да се пренесува спонтано по целата маса на експлозивната материја.

Сите горенаведени фактори не се апсолутни и независни едни од други. Големата брзина на реакцијата не е одредена само од големината на константната брзина, туку и со температурата која настанува за време на реакцијата. Способноста на самораспростирање зависи од брзината на одвивање на реакцијата и топлинскиот ефект. Отсуството или присуството на гасовите во продуктите на реакцијата е условено од топлинскиот ефект, кој пак самиот може да се измени во зависност од условите на одвивање на реакцијата, пред сè од притисокот и температурата.

2.3.1) Егзотермност на процесот

Оддавањето на топлината претставува прв и задолжителен услов без кој нема да дојде до експлозија. Доколку реакцијата не ја следи оддавањето на топлината, нема можност за развој на експлозија, затоа што ако материјата за своето распаѓање бара постојано дотекување на енергија од надвор, тогаш таа материја нема да има експлозивно обележје.

Егзотермноста на претворањето е одредена со фактот што врските помеѓу атомите и продуктите на претворањето се многу посилни отколку во самата експлозивна материја. Затоа и способноста кон егзотермното претворување зависи од хемиската структура на материите.

Механизмот за ослободување на топлина поврзан е со промената на молекуларната и атомската положба. Во структурата на одредена експлозивна материја во процесот на одвивање на хемиската реакција доаѓа до цела низа на комбинации на активирани атоми, јони, радикали и други атомски активности на групата со тежнение да се премине од состојба на енергетски побогата во состојба со помалку енергија. Како резултат на преминот, настанува ослободување на енергија и молекуларна структура, кои меѓусебно се цврсто поврзани со одвивањето на хемиските реакции, бидејќи се валентни на енергетско ниво и на тој начин составот е атомски, претходно со електрони, симнати на пониско ниво и на тој начин станува термодинамички постабилен. На сметка на ослободената топлина при експлозијата, која се нарекува топлина на експлозијата, се загреваат гасните продукти на експлозијата до неколку илјади степени. Топлината на експлозијата претставува основен критериум за

работната способност на експлозивните материи. Кај повеќето експлозивни материи топлината на експлозијата се движи во граница од 3700 до 7500 KJ/kg.¹⁴⁷

2.3.2) Голема брзина на одвивање на процесот на експлозија

Големата брзина на експлозивното претворање претставува најпрепознатлива карактеристика. Преминот од состојба на неразложена експлозивна материја до состојба на крајни продукти се одвива во многу мал дел од секундата (1/1000 до 1/1000000). Таквата голема брзина на одвивање на процесот е важна одлика на експлозивните материи од останатите горива и материи.

До голема брзина на одвивање на процесот на експлозија доаѓа заради зголемувањето на температурата и притисокот. За секои 10 K брзината на хемиската реакција се зголемува 2 до 4 пати, па според тоа зголемувањето од неколку илјади степени многу ја зголемува брзината на реакцијата. Со зголемување на притисокот од 100000 Pa до 100000000 Pa условува зголемување на брзината на реакцијата во гасната фаза и до 1000000 пати. Големата брзина на одвивање на процесот овозможува тој да се одвива во постојан волумен во првата фаза, а тоа создава голема волуменска концентрација на енергијата од 2000 до 7000 KJ/dm³. Брзината на распространување на експлозивниот процес на детонација – брзината на детонација се движи од 2000 до 9300 m/s.

2.3.3) Настанување на гасни продукти

Пренесувањето на енергијата во втората фаза на експлозијата ја сочинуваат енергетските и кинетичките карактеристики на материјата на експлозијата, а особено брзината на самораспространување. Хемиското претворање може да се одвива доста различно во однос на брзината на простирање и обележјата на надворешното делување, во зависност од механизмот на преносот на енергијата. Многу високиот притисок кој се појавува при експлозијата и рушечкиот ефект нема да се постигне доколку хемиската реакција не ја следи и настанувањето на голема количина на гасови. Без појава на голема количина на гасови нема да дојде до втората фаза на експлозија. Продуктите стануваат експлозија кога во моментот на експлозија тие стануваат

¹⁴⁷ Pleše M., *op. cit.*, str. 29. (1)

„заробени“, компримирани во мал волумен и се појавуваат во својство на трансмисија на енергијата, затоа што во процесот на ширење потенцијалната енергија се претвора во друг облик на енергија и при тоа вршејќи механичка работа. Од еден литар на експлозивна материја настануваат околу 1.000 литри продукти, кои во моментот на експлозијата се заробени во волуменот и затоа се под голем притисок со тежнение да експлодираат. Максималниот притисок кај експлозија на кондензираните експлозивни материи е со вредност од 10000000 КРа.

2.4) Сила на експлозијата

Сосема е неточно дека основна причина за силното рушечко дејство на експлозијата е огромната енергија која при тоа се ослободува. Тоа го докажува анализата на податоци, односно споредбата на ослободената енергија при детонација на поединечни експлозивни материи и ослободената енергија при согорување на основните горива.

Топлината на горивните смеси е 2 до 3 пати поголема од топлината на експлозијата на 1 kg експлозивна материја. Меѓутоа, процесот на детонација се одвива со многу голема брзина, затоа што енергијата се пренесува со ударни бранови и може да се смета дека целата енергија се ослободува во волуменот кој го зазема самата експлозивна материја, што доведува до огромна волуменска концентрација на енергијата од сто до илјада пати повеќе од волуменот на концентрација на енергијата на горивата, каде што процесот на согорување се одвива бавно (5 – 6 минути) проследено со зрачење, спроводливост и дифузија на ослободените гасни продукти.

Доколку топлината на согорување или детонација, како мерлива величина, ја претставува речиси целокупната енергија која се ослободува при овие процеси, тогаш може да се спореди вредноста на силата (енергија/време) за иста количина на материи. Силата на горивата изнесува неколку десетици KW, додека силата на експлозивните материи изнесува неколку стотина милиони KW. Според тоа и силата која претставува ослободена количина на енергија во единица време ($W=Js$) е огромна кај експлозивните материи. При овој начин на споредба треба да се внимава на фактот дека траењето на огромната сила на експлозијата е многу кратко кое е условено од големата брзина на одвивање на процесот. Заради ова експлозивните материи се применуваат таму каде што е потребна енергија со голема густина, а доколку би

требало да се продолжи времето на траење на високите параметри во текот на експлозијата, би требало да се активираат милиони тони на експлозивни материи.

Последиците на овој механизам на ослободување на создадената енергија во многу мал временски интервал е разорно или рушечко дејство на околната средина.

2.5) Класификација на експлозивните процеси кај хемиските експлозивни материи

За да дојде до иницирање на експлозивен процес на претворање кај хемиските експлозивни материи, потребен е надворешен импулс за да предаде одредена количина на енергија која не смее да биде помала од т.н. енергија на активирање на молекулите. Кога ќе започне процесот на хемиско претворање, доаѓа до самозабрзувачки и самораспространувачки реакции. Во зависност од начините и условите на активирање на хемиските реакции, заедно со останатите карактеристики на експлозивните материи, процесите на експлозивно претворање можат да се одвиваат по два различни механизми: дефлаграција (согорување) и детонација (експлозија).

3) Дејствување на експлозијата

3.1) Вкупна енергија на експлозивните материи

Вкупната енергија на хемиското претворање на експлозивните материи, односно нивниот потенцијал, претставува енергијата на експлозивните материи која би се ослободила при нивна експлозија во идеални услови, односно без никакви загуби.

Сепак, постојат разни видови на загуби кои го смалуваат потенцијалот на експлозивните материи.

а) Хемиски загуби

Овие загуби се појавуваат заради секундарни хемиски реакции и заради појавата на радијално расфрлување на неактивираните експлозивни материи при експлозијата. Тие загуби можат да бидат и до неколку десетици проценти од вкупниот потенцијал на експлозивните материи.

б) Топлински загуби

Доколку со експанзијата на гасовите се извршува некоја работа, тогаш дел од топлинската енергија се претвора во механичка работа, додека дел од топлинската енергија се загуби. Тие загуби се:

- или термодинамички, кои го опфаќаат остатокот од енергијата која се наоѓа во продуктите на експлозијата, кои кај адијабатското ширење не се шират неограничено и не се ладат до апсолутна нула, кои се наречени уште и идеални топлински загуби;

- или загуби на топлината кои настанале заради загревање на околината, при размена на топлината во текот на ширењето.

Вкупните топлински загуби можат да бидат до 10%.

в) Загуби на механичката работа

Корисниот облик на работа, заради кој експлозијата е извршена, често пати може да изнесува само неколку проценти од вкупниот потенцијал на експлозивните материи. Во реалноста ширењето на гасните продукти на експлозијата е ограничено со притисокот на околната средина и таквата работа, кога ќе се земе во предвид ширењето условено со адијабатските и реверзибилните процеси, се нарекува реална работа при експлозијата.

Односот на реалната работа при експлозијата и потенцијалната енергија на експлозивната материја се нарекува степен на искористеност.

Заради тешкотијата на пресметка на работната способност на експлозивните материи, бидејќи постојат голем број на непознати, многу често се пристапува кон експериментално одредување и споредба на вредноста на работната способност на експлозивните материи.

Постојат повеќе методи за одредување на реалната работа на експлозијата, како што се:

- Trauzl тест, односно тест во оловен блок,
- метод на балистичко клатно,
- метод на балистички бетон,
- метод на база на отфрлена средина,
- сеизмички метод.

3.2) Облици на дејствување на експлозивните материи

Механичката работа на експлозијата се врши на сметка на потенцијалот на хемиската енергија која ја поседуваат експлозивните материи. Тој потенцијал преминува во механичка работа преку топлинската енергија. Преминувањето, односно претворањето на потенцијалот се врши со загуби на енергијата.

Во почетната фаза на процесот, брзината на движење на продуктите на експлозијата е речиси еднаква со брзината на ударниот бран, за подоцна да се намали и да заостане зад ударниот бран, што доведува до одвојување на ударниот бран од продуктите на експлозијата. Гасовите на оддалеченост од центарот на експлозијата за 10 радиуси на полнењето на експлозивните материи експандираат на атмосферскиот притисок. Според тоа, на помали далечини основно дејство предизвикуваат продуктите на експлозијата, додека на поголемите далечини од центарот на експлозијата тоа го прават ударните бранови.

Дејствувањето на експлозивните материи е поделено на две основни групи:

1. Уривачко или фугасно дејствување на експлозивните материи, што е последица на дејствувањето на ударните бранови кои се настанати со експлозијата, а големината на работата се одредува со вкупната количина на енергијата на експлозијата;

2. Бризантно или разорно дејствување на експлозивните материи, кога работата се изведува непосредно во близина на површината со полнење на експлозивните материи, а големината на работата е одредена со густината на енергијата на фронтот на детонацискиот бран, кој зависи од густината и брзината на детонација на експлозивните материи ($\rho \cdot D^2$).

Големината на бризантното дејствување на експлозијата тешко се одредува, затоа што тоа не влијае само од карактеристиките на експлозивните материи, туку и од карактеристиките на преградата, односно материјалот на облогата на кој дејствуваат експлозивните материи.

Изразени граници помеѓу уривачкото и бризантното дејствување на експлозијата нема, па затоа постојат и облици на работа кои имаат карактеристики на едниот и на другиот облик на дејствување.

Голема важност на одредени облици на дејствување на експлозијата, посебно на бризантните облици, на нивната примена и што поголемиот степен на искористеност на работата има емисијата на енергијата на експлозијата и прераспределбата на

енергијата на експлозијата. Проучувањето и истражувањето на поголем дел од овие облици на дејствување на експлозиите имаат во воени и стопански цели.

3.2.1) Бризантни облици на дејствување на експлозиите

Бризантното дејствување на експлозијата претставува тоа што се одвива во самиот центар и во непосредна близина на центарот на експлозијата. Според тоа, бризантното дејствување го сочинуваат четири основни групи:

1. Дејствување на вжарените гасни продукти, во чиј состав влегува и изучувањето на радиусот на дејствувањето на продуктите;

2. Дејствување на многу силни ударни бранови кои се генерираат во средините со голема густина кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата, непосредно со експлозивната материја. Таков облик може да се користи ефикасно за раздвојување, зацврстување или спојување на металите;

3. Дејствување на течењето на цврстите материјали кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата. Таквиот облик може да се искористи кај кумулацијата, кумулативните спирали или кај плазма – генераторите. На овој облик на дејствување посебно големо влијание има геометријата на експлозивното полнење;

4. Дејствување на разорување на цврстите материјали кои се во самиот центар на експлозијата. Овој облик може да се искористи ефикасно кај фрагментацијата на тенките прегради во самата експлозивна материја, како и кај кинењето на челичните, дрвените и бетонските објекти.

Бризантното дејствување на експлозиите се изразува низ облиците на дејствување на вжарените продукти, разделување, зацврстување, спојување, кумулација, плазма, пробивање, кинење и дробење на средината која е во директен допир со полнењето на експлозивните материји.

Одлучувачко влијание на бризантноста имаат факторите кои ја одредуваат брзината на детонацијата и детонацискиот притисок. Максималното бризантно дејствување се постигнува при максимална брзина на детонацијата и оптимална густина, а условно може да се карактеризира и со вредноста на притисокот.

За одредување на бризантноста повеќе се користат експериментални методи, за разлика од математичкиот начин, во кој зависноста на количината на масата на експлозивното полнење кое се разлива во поединечни правци не е воопшто лесно да се одреди. Методите кои се користат за оценување на бризантноста се следните:

- метод на балистичко клатно,
- методот на Hess, односно компресија на оловен цилиндар,
- метод на бризантомери,
- метод базиран на одредување на бројот и обликот на кршливиот материјал на кој кошулката на проектилот се распрскува.

3.2.1.1) Бризантно дејствување на вжарените гасни продукти на експлозијата

Силината која ја имаат вжарените продукти на експлозијата, која настанува при нивна експанзија проследено со силна турбуленција има ограничен домет, што зависи од густината на средината во која експлозијата е иницирана. При тоа компримирање на средината, во неа се иницира ударен бран кој во еден момент се одвојува од гасните продукти и самостојно се шири понатаму низ средината и не предизвикува значајно движење на средината низ која се движи.

Експанзијата на гасовите во било која средина се врши до некој граничен волумен кој одговара на заостанатиот притисок во продуктите на експлозијата и еднаков е на притисокот на околната средина.

Карактеристиките на продуктите на експлозијата во процесот на ширење се повеќе се доближуваат до карактеристиките на идеалниот гас, па процесот на ширење може да се опише и со помош на Puasson – овата адијабата.

3.2.1.2) Бризантно дејство на многу силни ударни бранови кои се генерираат во средините со голема густина и кои се со самото експлозивно полнење

Доколку експлозивната материја детонира на површината на метал, тогаш заради притисокот кој го предизвикуваат гасовите продукти се појавуваат напрегања во самиот метал, затоа што границата полнење – средина бавно се движи од средиштето на експлозијата, а во тој временски интервал притисокот на границата расте. Порастот на притисокот условува генерирање и простирање на ударниот бран по металот кој го оптеретува и напрега металот. Силината на напрегањата зависи од карактеристиките на взаемно дејствување на металот и продуктите на експлозија.

Напрегањата во металот предизвикани од експлозијата претставува сложен процес, кој се карактеризира со многу кратко време на траење и таквото напрегање во физиката на цврстите тела се нарекува динамичко или импулсивно напрегање.

Металите реагираат на импулсните оптоварувања на сосема различен начин отколку на статичките. Кај статичкото оптоварување напрегањата и деформациите се распоредени по целото тело, така што секој дел на телото се спротивставува на оптоварувањето.

Импулсните оптоварувања предизвикуваат локализирани напрегања, односно деформации во телото. Разликата помеѓу статичкото и динамичкото оптоварување е условено со брановидниот карактер на распростанување на пореметувањата по металот, краткотрајноста на процесот и многу висока вредност на енергетските параметри, особено на притисокот.

Со оглед на фактот дека бранот на напрегањето во процесот на распространување ослабува заради дисипација на енергијата, различните делови на напрегнатото тело се во различна состојба, па затоа и распределбата на појавните ефекти е различна.

Во некои случаи доаѓа до зацврстување на површинскиот слој на металите, додека во специјални случаи доаѓа до плакирање – спојување на две метални површини, додека во случаите каде што дебелината на металот е ограничена, а ширината не, доаѓа до ефект на одвојување од спротивната површина.

а) Зацврстување на металите

Зацврстувањето на металите со експлозија се применува со цел за зголемување на тврдината на површинските слоеви на комплетниот предмет или поединечни негови делови. Со зголемувањето на цврстината се зголемува и статичката цврстина на елементите за заварување итн.

Зацврстувањето на површината на металот може да се постигне со:

- директно дејствување на детонацискиот бран на металот или
- косо дејствување на детонацискиот бран на металот.

Со цел да се избегне создавање на напукнување на бочните страни, во пракса често се користи опфатната метода на зацврстување.

б) Спојување на металите

Кога косиот детонациски бран дејствува на металната плоча со ограничена дебелина, може силно да се потисне во друга плоча, при што доаѓа до плакирање, односно спојување на двете плочи.

Потиснувањето на плочите со продуктите на експлозија и појавата на пластично течење на местото на судар на двете плочи претставува многу сложен процес.

Постојат три групи на параметри кои влијаат на процесот на спојување и тоа:

1. Почетни параметри – вид на експлозивна материја, брзина на детонација, густина, почетен агол, растојание помеѓу плочите;

2. Кинематички параметри – брзината на летот на потснуданата плоча, брзината на движење на врвот на аголот на судирот на контактните површини долж линијата на спојот, кинетичката енергија на судирот;

3. Физичките параметри – притисок, должината на траење на судирот, температура итн.

Доколку се спојуваат плочи од различни метали, тие мора да исполнуваат одредени услови: двата метали треба да имаат ист тип на кристална решетка, радиусот на металите смеат да се разликуваат до 15%, електрохемиските својства можат многу малку да се разликуваат итн. Вообичаено е да се спојуваат метали од иста група, затоа што најдобро одговараат на поставените услови.

в) Одвојување на металните површини од спротивната страна

Разорувањето на препреката при контактната детонација која се манифестира со одвојување на слој од материјалот на страната на препреката спротивна од контактната површина, во основа настанува како последица на интерференцијата на компресираниот бран, кој е поттикнат со детонација и бранот на истегнување, кој е настанат со одбивање на компресираниот бран од слободната површина на препреката.

За полесно објаснување на процесот на одвојување, се применува т.н. поедноставен модел, во кој карактеристични се две основни фази:

- Во првата фаза доаѓа до создавање на пукнатини и раслојување во рамнината во која напонот кој резултира при тоа достигнува вредност на рушење на нормалното напрегање;

- Во втората фаза, на сметка на кинетичката енергија која располага масата на металот помеѓу слободната површина на плочата и рамнината на раслојувањето, по нејзиниот опсег доаѓа до истегнување и деформација на металниот слој – се појавува конвексност во правецот на движење, кое преминува во трајна деформација во моментот на одвојување на слојот од основната плоча. Доколку почетната кинетичка енергија на масата на одвоениот слој е поголема од работата на истегнување и работата која се троши на деформација на слојот, тогаш доаѓа до одвојување. Брзината на одвојување на слојот непосредно по откинувањето зависи од односот на почетната кинетичка енергија на набљудуваната маса на металот и загубите настанати во текот на лизгањето, деформацијата на слојот и триењето по површината на работ на одвоениот слој. Дебелината на одвоениот слој се зголемува со зголемувањето на контактната

површина околу средиштето на површината на одвојување, додека дебелината по обемот на одвоениот слој не зависи од дијаметарот на контактните површини при константна дебелина на плочата. Не се забележува ниту влијание на обликот на експлозивното полнење на дебелината на одвоеното парче. Одвоениот материјал најчесто се јавува во форма на голема чинија и на повеќе помали парчиња метал, кои се со неправилен облик и остри рабови. Помалите парчиња на металот во основа се последица на повеќеслојното одвојување и нивниот број е поголем доколку е поголем дијаметарот на контактната површина.

3.2.1.3) Бризантно дејствување на течењето на цврстите материјали кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата

За да се предизвика течење на металите, потребни се многу висок притисок и температура, кои треба да бидат повисоки од оние кои ги има во нормалниот детонациски бран. Бидејќи постојат одредени законитости при истекувањето на продуктите од детонацијата и прераспределба на енергијата на експлозијата, со промена на обликот на експлозивното полнење и местото на иницирање, во одделни правци може да се зголеми дејствувањето со поголеми притисок и температура на сметка на прераспределба на енергијата на експлозијата. Тоа значи дека со фокусирање или со судар на детонациски бранови се зголемуваат притисокот и температурата.

Наједноставен облик на фокусирање на детонациските бранови е со создавање на кумулативна шуплина. Фокусирањето може да се направи и со помош на изработка на геометрија на експлозивното полнење, со чија помош се овозможува фокусирање на продуктите на детонацијата во една точка – логаритамска спирала на кумулација. Најголем притисок и брзина на формирање на ударниот бран се добива со ултрабрза кумулација кај експлозивниот плазма генератор.

3.2.1.3.1) Кумулативен ефект

Кумулативниот ефект претставува насочено и зголемено дејствување на експлозијата во одреден правец, кое се постигнува само со прераспределба на енергијата на експлозијата на начин на кој на спротивната страна од иницирањето на експлозивното полнење се изработува симетрично задлабување во експлозивното полнење со конусен облик.

Дејствувањето на полнењето со празнината може да се зголеми значително доколку кумулативната празнина е обложена со метал кој под притисок на детонацискиот бран се деформира и претвора во тенок насочувачки млаз, односно кумулативен млаз.

Во процесот на кумулација настануваат два сливни тека со ист правец, но спротивна насока. Според равенките на Bernoulli¹⁴⁸, брзината на текот кој влегува е еднаква на брзината на текот кој излегува, а од основните закони за зачувување на масата и импулсот се одредува масата на одделните текови кои се нарекуваат примарен и секундарен млаз.

Масата на примарниот млаз е помала од масата на секундарниот млаз, додека пак брзината на примарниот млаз е поголема и во одреден момент доаѓа до негово одвојување од секундарниот млаз. Моментот на одвојување на примарниот млаз се смета за краен процес на формирање на млазот.

При судар со препрека, примарниот кумулативен млаз има исклучително пробивно дејство. Кумулативната струја при ударот со преградата ја деформира, материјалот на преградата тече во радијален правец и настанува отвор кој се продлабочува со одредена брзина, аналогно на продлабочувањето на земјата при дејство на водениот млаз под притисок. На пробојноста на кумулативниот млаз влијаат повеќе фактори.

а) Материјал и дебелина на облогата

Облогата на кумулативното полнење мора да биде од материјал со голема густина со цел енергијата на кумулативната струја да биде голема, но истовремено материјалот треба да биде и вискозен за кумулативната струја да има голема можност на истегнување и стабилност за време на дејствување на преградата.

Во пракса се применуваат материјали кои имаат кубна решетка, како што се алуминиум Al, железо Fe, бакар Cu, додека помалку се применуваат материјали со хексагонална структура, како што се кобалт Co, магнезиум Mg, кадмиум Cd.

Во поново време се применуваат кумулативни инки кои се изработени од синтер – материјал за специјални кумулативни полнења при дупчење на чепови на нафтени дупчалишта. Тоа е мешавина на метални прашоци од 50 до 100 микрони и тоа бакар Cu, олово Pb, железо Fe, берилиум Be, никел Ni, калциум Ca и јаглерод C. Заради

¹⁴⁸ Daniel Bernoulli, 08.02.1700 – 17.03.1782 година, Швајцарски математичар и физичар кој работел на полето на хидрауликата и хидродинамиката, особено на флуидите.

дејствувањето на детонацискиот бран на кумулативната инка се формира кумулативен млаз, кој во тек на пробивањето потполно изгорува и на крајот од пробивањето од него не остануваат остатоци и не може да дојде до запушување на настанатите дупки.

Дебелината на облогата изнесува од $1/20$ до $1/40$ дијаметри на темелното продлабочување на кумулативната шуплина. Од производно – технолошки причини најчесто дебелината на сидот на облогата е константна, иако е утврдено дека најдобри резултати се постигнуваат кога облогата на кумулативната шуплина е направена така што дебелината се намалува од врвот кон основата.

б) Димензии и облик на кумулативната шуплина

За да се постигне најголема пробивност, се зема таков облик на кумулативна шуплина која гарантира дека активната маса на примарниот млаз ќе биде најголема и брзината ќе биде максимална. Кога кумулативната шуплина е со конусен облик примарниот млаз има голема брзина, но има мала маса и побавно се формира отколку ако шуплината има облик на полутопка. За изборот на обликот на кумулативната шуплина зависи самата конструкција на кумулативниот проектил.

в) Надворешен облик и димензии на експлозивното полнење

Со зголемување на надворешниот дијаметар на експлозивното полнење околу кумулативната шуплина се зголемува и пробивноста, но тоа е ограничено од конструкцијата на кумулативниот проектил.

На формирањето на кумулативниот млаз влијае и самото експлозивно полнење кое е околу кумулативната шуплина, па затоа должината на експлозивното полнење позади шуплината влијае на кумулативниот ефект онолку колку што е потребно детонацискиот бран, кој е предизвикан од точкастиот почетен импулс, да се исправи.

Во последно време стабилизацијата и исправувањето на детонацискиот бран, наместо со продолжување на експлозивното полнење, се постигнува со употреба на девијатори (дефлектори), кои најчесто се изработени од отпорна пластична маса.

г) Видови и својства на експлозивното полнење

Својствата на експлозивното полнење влијаат на пробивноста на кумулативната струја. Резултатот е голем колку што е голема брзината на детонацијата и густината на експлозивното полнење. Најчесто се применуваат флегматизирани хексоген, пентрит или октоген.

д) Ротација на проектилот

Најголемо влијание на пробивноста на кумулативниот влез има ротацијата на проектилот. Центрифугалната сила го забавува движењето на честичките кон оската и на тој начин се забавува формирањето на кумулативниот влез. Негативното влијание на ротацијата при еднакви услови се зголемува со намалувањето на аголот на отворот на конусот.

3.2.1.3.2) Логаритамска спирала на кумулација

Логаритамската спирала претставува единствена крива линија која има таутохронизам, односно својство да од секој елемент од својата површина ги праќа во фокусот своите продукти на детонацијата со исти параметри и под ист агол.

Продуктите на детонацијата кои доаѓаат од разни делови на детонирачката површина, мора да стигнат истовремено во точката на фокусот. Фронтот на продуктите на детонацијата кои доаѓаат мора да биде со сферен облик, додека аголот е константен помеѓу тангентата на површината на полнењето и правецот кој го спојува фокусот и точката во која е повлечена тангентата.

3.2.1.3.3) Плазма кумулативен генератор

При проучувањето на кумулацијата и особено ултрабрзата кумулација, се доаѓа до можноста за конструирање на специјални направи во кои може да се генерира енергијата на експлозијата. При тоа се добиваат високи параметри кои овозможуваат плазма хемиски реакции на добивање тешко топливи и цврсти материјали – метални карбиди, нитриди и бромиди. Овие генератори се составени од два дела:

1. Извор на плазмата кој се добива по пат на експлозивно – плазмен компресор и
2. Хемиски реактор во кој се добиваат екстремни услови за одвивање на реакцијата.

По иницирањето на експлозивното полнење се формира детонациски бран кој дејствува на заштитната плоча, ја разорува и продуктите на детонација ја компресираат работната материја во компресор, каде што се претвора во плазма која влегува низ отвор во реакторот. Формираната плазма во реакторот наидува на реагенс, кој што во тие услови испарува и во гасната фаза се врши реакцијата.

3.2.1.4) Бризантно дејствување на разорувањето на цврстите материјали кои се наоѓаат со експлозивното полнење

Доколку преградата која се наоѓа со самото експлозивно полнење не е со голема дебелина и доколку количината на експлозивното полнење не обезбедува високи параметри кои предизвикуваат течење на преградата, тогаш доаѓа до кршење и кинење на преградата. Тоа е случај кај фрагментацијата на кошулката на проектилот или кај кинењето на разни метални, дрвени или бетонски објекти.

3.2.1.4.1) Фрагментација на металните прегради

Ако заради детонацискиот бран на продуктите на експлозијата дојде до кршење на потенка преграда која се наоѓа непосредно со експлозивното полнење, тогаш за таа појава која се случила се вели дека е дојдено до фрагментација на преградата. При тоа се добиваат ситни парчиња од преградата кои се здобиваат со одредена почетна брзина и со својата кинетичка енергија можат, без оглед на дисперзноста, да дејствуваат на поголема далечина. Оваа појава е искористена за конструирање на моментните проектили.

На фрагментацијата на преградата (кошулката на проектилот) влијаат повеќе фактори и тоа:

- термичката обработка на преградата (кошулката) – ситните парчиња кои настануваат со фрагментација на преградата се изработени од челични ливови, имаат облик на призма со помалку остри рабови, додека оние кои настануваат со фрагментација на преградата која е изработена од тркалан (валан) челик имаат издолжен облик, плоснати се и имаат остри рабови;

- количината на експлозивната материја и нејзината бризантност со која е полнет проектилот – со употреба на бризантни експлозивни материи се добива подобра фрагментација;

- начинот на лабораторија на експлозивните материи во проектилот – поврзано за различната густина на експлозивното полнење;

- добра иницијација на експлозивните материи во проектилот – се постигнува со употреба на детонациски засилувач.

Со оптимализирање на наведените фактори се постигнува подобрување на фрагментацијата. Постојат и конструктивни мерки кои влијаат на подобрување на фрагментацијата и тоа:

а) префрементација на кошулката – чија цел е однапред да се одредат места кај кои кошулката на проектилот ќе се распрсне. Со тоа се добиваат парчиња со подеднаква маса и облик, кое се постигнува на следниот начин:

- надворешно или внатрешно нарежување на кошулката;
- изработка на кошулка од прстени;
- изработка на кошулка од челични шипки итн.

б) зголемување на ефективната фрагментирана маса – таква можност се појавува кај ракетните проектили, кај што се искористува моторот и млазницата за парчињата.

в) додавање на посебни елементи – претставува стара идеја за конструкција на шрапнели, но постојат и нови конструктивни решенија, како што е лабораторија на топчињата за сидот на кошулката, во самата кошулка и прелевање со пластика надвор од кошулката. Ефикасноста на дејствување на парчињата зависи од бројот и нивниот ефикасен дострел, кој пак зависи од почетната брзина на парчињата, од нивната поединечна тежина и обликот, како и од карактеристиките на снопот во кој се движат.

3.2.1.4.2) Кинење на препреките од метал, дрво или бетон

При детонација на експлозивно полнење на поголем објект од метал, дрво или бетон, непосредно во центарот на експлозијата бризантното дејствување условува парцијално оштетување, односно кинење на дел од објектот.

Примената на експлозивните полнења и нивното бризантно дејствување е искористено во разни инженериски, градежни и диверзиски уривања на поединечни објекти, фортификациски препреки и запречувања.

3.2.2) Уривачко дејство на експлозијата во различни средини

Уривачкото дејство претставува последица на ширењето на ударните бранови кои се предизвикани со нагла експанзија на гасните продукти на експлозијата и нивно потиснување во средината.

Ширењето на ударниот бран, а со тоа и облиците на неговото уривачко дејство, зависи од средината низ која тие се простираат. При разгледувањето на осетливоста на ударниот бран утврдено е дека амплитудата на ударниот бран во многу зависи од неговата дисипација (загубите) во текот на ширењето, односно доколку некоја средина овозможува поголеми загуби на енергијата на ударниот бран, тогаш и амплитудата на ударниот бран побрзо опаѓа од центарот на експлозијата и радиусот на рушечкото дејство е помал. За да се одреди вкупната вредност на неповратно изгубената енергија мора да се знаат ударната адијабата на средината низ која ударниот бран се шири, изоентропата на ширењето, односно равенството за релаксацијата од почетниот притисок во средината и зависноста на притисокот на фронтот на ударниот бран од оддалеченоста во таа средина. За одредена средина тоа претставува разликата помеѓу зголемувањето на внатрешната енергија кај ударното компримирање и работата на изоентропското ширење на таа средина.

Дејствувањето на ударниот бран се одвива во неколку карактеристични средини, како што се воздух, вода, земја и однесувањето на различните цврсти препреки има свои карактеристики при дејствувањето на ударниот бран.

3.2.2.1) Ударен бран во воздух

При детонација гасните продукти се наоѓаат под притисок и до неколку десетина илјади МРа, тие при експлозијата го потиснуваат околниот воздух и предизвикуваат во него ширење на ударниот бран, односно настанува надпритисок, што претставува разлика во притисоците на фронтот на ударниот бран и атмосферскиот притисок, кој изнесува од прилика 100 МРа. Во моментот на одвојување на ударниот бран од гасните продукти, надпритисокот опаѓа на приближно 5 МРа на растојание од 10 – 12 радиуси, додека на растојание од 25 – 30 радиуси надпритисокот опаѓа приближно на 1 МРа. Ова значи дека надпритисокот во ударниот бран кој се шири во воздухот, многу бргу опаѓа.

За уривачко дејство не се важни само силните ударни бранови, туку и можните ефекти на дејствување на послабите ударни бранови на поголема оддалеченост од центарот на експлозијата. Тоа значи дека:

- ударен бран со надпритисок од 0,3 до 0,4 МРа предизвикува 100% смртност;
- ударен бран со надпритисок поголем од 0,1 МРа предизвикува смртност кај повеќето живи суштества;

- ударен бран со надпритисокод 0,1 МРа ги урива сите објекти, освен армирано – сеизмичките;
- ударен бран со надпритисок од 60 кРа ги урива бетонските објекти;
- ударен бран со надпритисок од 20 - 30 кРа урива дрвени објекти и кровови, ги избива рамките на вратите и прозорците, почнуваат да се рушат ѕидовите од цигли;
- ударен бран со надпритисок од 7 кРа ги крши прозорските стакла.

Иако амплитудата на ударниот бран зависи од повеќе фактори, како што се количината, видот и обликот на експлозивното полнење, како и од дисипацијата на енергијата на ударниот бран во средината низ која се шири, за пресметка на надпритисокот на ударниот бран кој се шири низ воздухот зависи од количината на експлозивната материја како главен фактор.

а) Рефлексија на ударниот бран

Кога ударниот бран на точкастите експлозии доаѓа од воздухот кон цврста подлога како што е површината на земјата, тогаш тој се рефлектира и при тоа се формира рефлектирачки, односно одбивачки ударен бран кој се шири низ загреана средина, затоа што низ неа штотуку поминал директен ударен бран и во одреден момент го пристигнува директниот бран и формира единствен фронт на ударниот бран, т.н. Махов ефект¹⁴⁹.

б) Влијание на релјефот на земјиштето на простирањето на ударниот бран

Релјефот на земјиштето може да го засилува или ослабува дејствувањето на ударниот бран. На падините или возвишенијата кои се свртени кон нултата точка, притисокот е поголем од притисокот на рамно земјиште. При наклон од 10 до 15° притисокот е поголем за 15 – 20% отколку на рамно земјиште, додека при наклон од 30° притисокот е поголем и до 2 пати, а при наклон од 45° и до 2,5 пати.

На спротивните падини во однос на нултата точка на експлозијата притисокот се намалува, а со тоа ослабува и резултатот на ударниот бран. Доколку наклонот изнесува 15 – 20°, притисокот се намалува за 15 – 20%, додека при наклон од 45° притисокот се намалува за половина.

Дејството на ударниот бран во планински предели предизвикува одвојување на карпи, снежни лавини итн.

¹⁴⁹ Рефлексијата на ударниот бран на површината на земјата е во форма на концентрични кругови.

в) Влијание на метеоролошките услови на простирањето на ударниот бран

Влијанието на временските прилики на ударниот бран зависи од температурата на воздухот и брзината на ветерот.

Колку температурата на воздухот е поголема, тогаш и брзината на ударниот бран е поголема и доколку со надморската висина доаѓа до промена на температурата, се менува и самиот облик на фронтот на ударниот бран.

Ветрот влијае на обликот на фронтот на ударниот бран и како брзината на ветерот се зголемува со надморската висина, така се менува и обликот на фронтот на ударниот бран со зголемување во насока на ветерот, а во спротивна насока се намалува.

г) Карактерот на дејствување на ударниот бран на површинските објекти

При наидување на ударниот бран на некој површински објект, тој извршува одредено оптоварување кое се манифестира преку три основни облици:¹⁵⁰

- оптоварување со импулсот на директниот ударен бран;
- оптоварување со запирање, односно со импулсот на одбиениот ударен бран;
- оптоварување со протокот на импулсот.

Вкупното оптоварување кое може да резултира со рушење на објектите зависи од надпритисокот во ударниот бран, траењето на зголемениот притисок заради кочењето на воздушните маси кои се движат позади фронтот на ударниот бран, димензијата, обликот и отпорноста на објектот на кој се врши оптоварување со ударниот бран.

Кај коцкастиот или паралелопипедниот облик на објекти кои имаат отвори (врати, прозори), доаѓа до промена на резултантното оптоварување за толку за колку што мора да се одбие оптоварувањето на притисокот од внатрешна страна. Кај овој случај, резултантното хоризонтално оптоварување е еднакво на резултантното оптоварување на предната страна зголемено за резултантното оптоварување на задната страна.

3.2.2.2) Ударен бран во вода

Основна карактеристика на експлозијата под водената површина е настанување на гасен меур, кој во првата фаза се шири и силно ја потиснува масата на водата

¹⁵⁰ Pleše M., *op. cit.*, str. 261. (1)

сферно околу себе. При тоа компримирање настанува основен ударен бран кој и понатаму се шири под водата, додека внатрешниот притисок на гасовите постепено се намалува, но масата на водата продолжува со ширење заради инерцијата. Во моментот кога притисокот паѓа под рамнотежниот, односно атмосферскиот и хидростатичкиот, во центарот на меурот се појавува подпритисок што доведува до прекин на радијалното струење на водата и се појавува струење на водата кон центарот на меурот, сè додека притисокот во меурот не се изедначи со инерциските радијални текови на водата. Оваа појава доведува до пулсирање на гасниот меур околу средниот дијаметар, кој во реални услови може да достигне до десет циклуси. Новото ширење на гасниот меур доведува до дополнителен импулс и предизвикува дополнителни ударни бранови кои сферно се шират по масата на водата. Околу 60% од вкупната енергија на експлозијата отпаѓа на почетниот импулс на притисокот при првата пулсирање, околу 25% енергија на дополнителниот импулс при втората пулсирање, а околу 15% на останатите пулсации на гасниот меур.

Уривањата кои настануваат заради експлозија под вода се последица на дејството на основниот ударен бран и дејствувањата на дополнителните ударни бранови кои настануваат заради пулсирање на гасниот меур.

Дејството на ударните бранови кои се шират под вода е искористено во воени цели, за создавање на подводни мини кои имаат висок коефициент на полнење со чисти експлозивни материи и до 750 kg.

3.2.2.3) Ударен бран во земја

Со детонирање на експлозивната материја во земја се формира компримиран бран кој во првата фаза ги компримира околните честички земја и при тоа настанува ударен бран кој се шири низ останатата маса. На помали одалечености од центарот на експлозијата, како последица на ширењето на ударниот бран низ земјата предизвикува делумно преместување на честичките земја и нивно затрупување, додека на поголеми далечини предизвикува поголеми или помали потреси.

Доколку експлозијата не се случува во поголема длабочина, во фазата на компримирање во правец на површината на земјата доаѓа до подигнување на земјата, струење на гасните продукти низ пукнатините и повлекување и подигнување на земјата нагоре и на страна. На тој начин се формираат карактеристичните фонтани – инки кои се вглабени во земја, која во воената терминологија често се нарекува фугаса.

Траењето на овој процес е подолг од траењето на процесот на детонација и затоа кај овој вид на дејствување не е важна бризантноста на самата експлозивна материја, туку вкупниот импулс.

Кај овој механизам се воочуваат три значајни зони кај фугасното компримирање:

- зона на компримирање;
- зона на уривање и
- зона на потрес.

Ефектите на дејствувањето во одделните зони можат да бидат уништување, уривање и затрупување на подземни објекти, тунели.

Истражувањата на овој феномен се отежнати заради големото влијание на самата средина (земјата) на ширењето и дисипацијата на енергијата на ударниот бран, големата разновидност на својствата на таа средина, како што се песок, глина, гранит.

2.7.3. Детонација

Детонација претставува процес на суперсонично, односно надзвучно слоевито распространување на фронтот на хемиските преобразби низ експлозивната материја. Претставува стационарна и најсовршена форма на експлозија. Брзината на детонацијата се појавува како константа и претставува една од најзначајните карактеристики на експлозивните материји.¹⁵¹

Хемиската преобразба на експлозивните материји при детонација проследено е со следење и движење на средината како последица на разликата во специфичниот волумен на неразложената експлозивна материја и продуктите на детонација при ист притисок. Движењето на средината се врши во правецот на движење на фронтот на детонацијата и во тој случај влијае на брзината на хемиската преобразба.

Детонацијата претставува не само хемиски, туку и хидродинамички процес.¹⁵² Според хидродинамичката теорија, преносот на детонацијата е условен од распространувањето на ударниот бран по експлозивната материја.¹⁵³ Доколку амплитудата на фронтот на бранот е поголема од некоја критична вредност, тогаш тој бран е способен со фронтот да предизвикува интензивна хемиска реакција од која се

¹⁵¹ Pleše M., *op. cit.*, str. 186. (1)

¹⁵² Mušicki D., „*Razorni eksplozivi*“, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1966, str. 74. (1)

¹⁵³ Mušicki D., *op. cit.*, str. 74. (1)

ослободува енергија во вид на топлина која константно ги поддржува параметрите на бранот и механизмот на стационарниот карактер на целиот детонациски процес. На тој начин брзината на детонацијата се мери како брзина на простирање на ударниот бран по експлозивната материја.

Движењето на обичниот ударен бран составен е од движењето на скокот на компресијата и придвижувањето на самата средина. Детонацискиот бран е со сложена структура и неговото распространување е условено со движењето на ударниот бран, зоната на хемиските реакции и крајните продукти на детонацијата.

1) Теорија на детонацијата

За да може да се разбере во целост процесот на детонација, потребно е да се проучува детонацијата единствено како процес на простирање на ударниот бран, при тоа занемарувајќи ја зоната на хемиските реакции. Во 1881 година Mallard, Le Chatelier, Bertholt и Vieille го проучувале простирањето на пламен во долги цевки, при што откриле дека до одредена должина на цевката пламенот се простира со нормална брзина, после што таа нагло се зголемува до вредност од неколку илјади метри во секунда. Оваа појава тие ја нарекле детонација. Констатирано е дека еднаш достигнатата брзина на детонација останува константна за одредена смеса и не зависи од дијаметарот и од облогата на цевката.

Детонацијата со хидродинамичка теорија е објаснета од страна на Chapman и Jouget, која се однесува на ударните бранови кои се простираат низ инертен гас, а потоа со проучувањето имаат продолжено Rankine и Hugoniot. Подоцна теоријата на кондензираните системи ја имаат развиено Landau и Stanjuković.

1.1) Хидродинамичка теорија на ударниот бран

За разлика од звучниот бран кој се простира низ гасот во форма на слаба адијабатска изотропска компресија, после која молекулите на материјата се враќаат во правобитната состојба, ударниот бран е бран на компресија и неповратен процес.

Со преминот на звучниот бран доаѓа само до лонгитудинални поместувања, но не и до струење на гасот во насока на неговото простирање. Звучниот бран се простира во гасот со судрувања на молекулите и неговата брзина на ширење претставува брзина на звукот.

На фронтот на ударниот бран доаѓа до промени во скокови на притисокот, температурата и густината, додека при премин на фронтот на ударниот бран зад фронтот доаѓа до струење на средината кое е поголемо колку е поголем интензитетот на бранот. Во фазата на компресија струењето се одвива во правец на движење на ударниот бран, додека во фазата на разредување доаѓа до ослабување на струењето, дури и до движење во спротивен правец.

Брзината на ударниот бран секогаш е поголема од брзината на звукот. Кај ударниот бран ентропијата на средината расте. Доколку ударниот бран нема енергетска поддршка, тој постепено ослабува и се дегенерира во звучен бран.

1.1.1) Настанување на ударен бран во ударната цевка

Настанувањето и простирањето на ударниот бран во воздух е објаснето со аналогија на ударната цевка со клип.

Цевката е наполнета со гас или воздух, кој во почетокот има константен притисок, температура и густина. Од едната страна цевката е ограничена со клип, додека од другата може да биде и отворена. При движење на клипот се создава бран во него, а при зголемување на брзината на клипот се создава следен бран кој се движи низ гасот, кој претрпел динамичко компримирање од првиот бран и при тоа доаѓа до зголемување на температурата. Во таквиот гас локалната брзина на звукот е голема и заради тоа новиот бран на компримирање го стигнува претходниот.

Сите наредни бранови кои настануваат со понатамошно забрзување на клипот, се движат низ гасот кој сè повеќе е динамички компримиран и температурата е поголема, а заради тоа новите бранови се простираат се побрзо.

Резултат на ова е прстигнување на сите бранови во еден момент и соединување во еден моќен бран, кој се нарекува ударен бран, за чиј фронт е значајно многу висока вредност на притисокот, температурата и густината.

Масата на гасот помеѓу клипот и фронтот на ударниот бран се движи со одредена брзина, исто како и фронтот на ударниот бран.

Доколку степенот на зголемување на притисокот во ударниот бран е поголем, дотолку ширината на фронтот на ударниот бран е помала. При многу големо, речиси бесконечно зголемување на притисокот, кај експлозивните материи и до неколку стотина илјади, зоната на фронтот на ударниот бран може да се поистоветува со површината на прекилот кој ја дели разложените од неразложените материи.

1.1.2) Закон за одржување во ударниот бран

Ударниот бран квантитативно е опишан со следните величини:

- брзина на простирање на ударниот бран;
- брзина на движење низ средината (масена брзина);
- притисок;
- температура на измешаната средина;
- густина.

Во почетокот, пред да почне клипот да се движи, параметрите на гасот притисок, температура и густина се почетни. Клипот се движи со константна брзина, сидовите на цевката не влијаат на неговото движење. Бидејќи гасот се компримира, поместувањето кое е предизвикано со движењето на клипот се пренесува со одредена брзина и како резултат на тоа е формирање на крајна зона на компримираниот гас со нови параметри на притисок, температура и густина. Границата на измешаната и неизмешаната средина се нарекува фронт на ударниот бран и има одредена брзина.

Релациите кои ги поврзуваат параметрите на ударниот бран се следните:

- равенките на законот за зачувување на масата;
- равенките на законот за зачувување на импулсот;
- равенките на законот за зачувување на енергијата и
- равенките за состојбата.

а) Законот за зачувување на масата претставува равенка која ја дава пропорционалната зависност на густината, поминатото растојание и брзината:

$$m = \rho \cdot S \cdot D \cdot t$$

б) Законот за зачувување на импулсот, односно количината на движењето, ја искажува еднаквоста помеѓу количината на движењето и импулсот на силата.

Количината на движењето е еднаква на производот на масата и брзината, додека масата на гасот има добиено брзина која е еднаква на брзината на клипот.

Импулсот на силата е еднаков на производот на силата и времето, додека силата претставува разлика на притисоците на површината на клипот:

$$\rho_0 \cdot D \cdot w = p_1 - p_0$$

в) Законот за одржување на енергијата, кој се однесува на еднаквоста помеѓу прирастот на енергијата на гасот кој се компримира и работата на надворешните сили кои дејствуваат на клипот во време.

Прирастот на енергијата на гасот е збир на прирастот на внатрешната и кинетичката енергија за одредена маса, додека работата на надворешните сили е производ на притисокот и патот на клипот:

$$\rho_0 \cdot D \cdot (U_1 - U_0 + w^2/2) = p_1 \cdot w$$

2) Детонација на гасните експлозивни материи

Детонацијата на гасните експлозивни материи се врши на начин на кој најнапред при одреден почетен импулс изврши иницирање на согорување, кое при одредени услови преминува во детонација. Детонацискиот бран претставува фронт на пламенот кој се простира со надзвучна брзина низ неизреагираниот гас. Брзината на детонацијата во стационарен режим кај гасните смеси изнесува од 1500 до 4000 m/s. Во процесот на детонација најблискиот слој на неизреагираниот гас се компримира заради силната адијабатска компресија и на тој начин овозможува непречено ширење на детонацискиот бран по целата маса на гасот.

Конечната состојба во зоната на детонација обично се зема дека е приближна до термодинамичката рамнотежа и речиси сите параметри на детонацијата можат да се пресметуваат врз основа на термодинамичките равенки.

На карактеристиките и брзината на ширење на процесот на детонација врз гасните експлозивни материи посебно влијаат следните фактори:

- составот на смесата (концентрациски граници на експлозивната смеса);
- присутност на инертните додатоци – примеси;
- притисок и температура;
- услови на испитување (положба на ударната цевка, материјалот и дебелината на ѕидот на ударната цевка, дијаметарот на ударната цевка, рапавоста на цевката итн.).

а) Составот на смесата

Брзината на детонација зависи од составот на смесата, односно се менува во зависност од концентрацијата на самата. Постојат и концентрациски граници на простирање на детонацијата аналогно на концентрациските граници на согорување, кои се помали.

б) Присутност на примесите

Различните примеси различно влијаат на брзината на детонација. Инертните примеси ја смалуваат брзината на детонација само под услов доколку ја смалуваат температурата на детонацијата, но доколку ја смалуваат молекуларната тежина на

продуктите на детонацијата, тогаш се условува зголемување на брзината на детонација. За одделни гасни експлозивни материи утврдено е позитивно влијание со релативно малку додатоци. На пример, во присуство на водени пари, брзината на детонациските смеси водород и кислород значително се зголемува.

в) Притисок и температура

Порастот на притисокот предизвикува одредени зголемувања на брзината на детонацијата. Тоа влијание е поврзано со намалувањето на дисоцијацијата на продуктите на реакцијата. Порастот на почетната температура при постојан притисок предизвикува незначително зголемување на брзината на детонација.

г) Влијание на условите на испитување

Влијанието на условите на испитување се однесува на влијанието на ударната цевка во која се наоѓаат гасните експлозивни материи и по која процесот на детонација се шири.

3) Детонација на кондензираните експлозивни материи

Употребата на кондензираните експлозивни материи е голема и посебно е важно при простирањето на детонацискиот процес да се проучат сите услови кои влијаат на стационарноста на експлозијата. Брзината на детонација за различни експлозивни материи има вредност од 1500 до 9000 m/s.

3.1) Услови кои влијаат на стабилноста на експлозивните материи

1. Дијаметар на полнењата и неговата зависност од различни фактори

Зависноста на дијаметарот зависи од големината на критичниот и граничниот дијаметар и тие се различни за различни експлозивни материи. Критичниот дијаметар зависи од хемискиот состав на експлозивните материи, нивниот физички состав и условите на експлозијата.

а) Влијанието на хемискиот состав на критичниот дијаметар

При споредување на вредностите на критичниот дијаметар за различни хемиски состави (ТНТ, хексоген) на експлозивните материи се доаѓа до заклучок дека дијаметарот е помал колку топлината на експлозијата станува поголема.

б) Влијанието на температурата на критичниот дијаметар

Почетната температура на експлозивните материи не влијае на брзината на детонација, но има влијание на критичниот дијаметар. Механизми кои влијаат на промената на критичниот дијаметар со почетната температура на експлозивните материи е порастот на брзината на реакцијата со зголемувањето на температурата.

в) Влијанието на степенот на дисперзност (иситнетост) на честичките на експлозивните материи на критичниот дијаметар

Колку е дисперзноста пофина, односно честичките помали, тогаш и критичниот дијаметар на експлозивните материи се намалува.

Влијанието на степенот на иситнетост на критичниот дијаметар се случува со скратувањето на времето на одвивање на хемиските реакции заради намалување на големината на честичките на реагирачките компоненти.

г) Влијанието на густината на критичниот дијаметар

За еднородните експлозивни материи со зголемувањето на густината се намалува критичниот дијаметар, додека кај смесите е обратно.

Кај смесите на експлозивните материи дури при многу високи густини критичниот дијаметар се намалува заради тоа што една од компонентите станува инертна. При ниски густини, зголемувањето на критичниот дијаметар во зависност од густината на смесата се случува заради меѓусебното реагирање на разните компоненти доаѓа до забавување на самите хемиски реакции.

д) Влијанието на облогата на критичниот дијаметар

Дејството на облогата е одредено од масивноста, а не од цврстината. Според тоа оловната облога е по соодветна од железната облога. Примената на многу дебели облоги го намалуваат критичниот дијаметар на полнењето.

2. Зависноста на брзината на детонација од топлината на експлозијата

Топлината на експлозијата претставува единствен извор на енергија кој ги поддржува параметрите на детонацискиот бран на постојана висина и ја одредува таа висина, кое што произлегува од законот за зачувување на енергијата во детонацискиот бран, односно:

$$D^2 = 2 \cdot (\chi^2 - 1) \cdot Q_v$$

3. Зависност на брзината на детонација од густината на полнењето

Согласно хидродинамичката теорија на детонацијата, брзината на детонација на влошените услови за одвивање на хемиските реакции се зголемува со зголемувањето на почетната густина.

Заради влошените услови за одвивање на хемиските реакции, кај повеќето почетни густини процесот добива различни карактеристики. При одредена критична густина, детонацијата се гаси, што зависи од дијаметарот на полнењето. Кога дијаметрите се доволно големи, со порастот на густината се зголемува и брзината на детонацијата. Појавата на критична густина се однесува само на полнењето со мал дијаметар.¹⁵⁴

За механичките смеси на експлозивните материи, зависноста на брзината на детонацијата во почетокот расте со порастот на густината, додека со понатамошно зголемување на густината доаѓа до намалување на детонацијата и до критична состојба. Оваа појава се нарекува предпресување или мртво пресување, додека густината при која се постигнува се нарекува критична густина.

4. Влијанието на почетниот импулс на детонацијата

Ова влијание е карактеристично само за почетниот дел на полнењето на експлозивните материи, односно во фазата на самото стационарање на детонацијата и особено е изразено кај експлозивните материи кои имаат способност на реагирање со мала или голема брзина на детонација. Кај овие експлозивни материи доколку почетниот импулс е силен, постигнува голема брзина на детонацијата, а доколку почетниот импулс е помал, предизвикува мала брзина на детонација.

5. Влијанието на примесите на брзината на детонацијата

Доколку на експлозивните материи се додадат примеси со органско или неорганско потекло, кои имаат способност да учествуваат во реакцијата на експлозивното претворање, тогаш брзината на детонација може да се менува.

Флегматизирањето е една од тие постапки која влијае на брзината на детонацијата. Со флегматизирањето брзината на детонација може да опаѓа, што е случај со флегматизација на хексогенот со 5% парафин, каде што брзината опаѓа од 7900 до 7640 m/s, при густина од 1,5 g/cm³. Меѓутоа, со флегматизација на живин

¹⁵⁴ Pleše M., *op. cit.*, str. 218. (1)

фулминат со 3 – 5% парафин, брзината на детонација се зголемува, што се објаснува со фактот дека колку е поголема средната молекуларна тежина на продуктите на детонацијата на живиниот фулминат, но со воведувањето на парафинот се зголемува волуменот на гасните продукти и со тоа се намалува средната молекуларна тежина. Заради тоа брзината на процесот расте без разлика на намалувањето на вкупниот топлински ефект на реакцијата. Со воведувањето на инертни примеси се намалува брзината на детонација на експлозивните материи.

6. Влијанието на почетната температура на експлозивните материи на брзината на детонација

Ова влијание е испитувано кај прашкастите експлозивни материи, кои се иницирани во оловни цевчиња со тенки сидови и дијаметар од 12,5 mm при разни температури. Резултатите покажуваат дека големото намалување на температурата нема големо влијание на брзината на детонација. Малото влијание на температурата на брзината на детонација, каде што експлозивната материја се наоѓа во момент на иницирање е заради релативно малото учество на температурата во вкупната количина на топлината на експлозијата.

Кај течните експлозивни материи густината повеќе зависи од температурата отколку кај цврстите експлозивни материи и затоа брзината на детонација повеќе зависи од температурата.

7. Влијанието на притисокот на брзината на детонација

Способноста за детонација и брзината на детонација кај прашкастите експлозивни материи кои содржат меурчиња со воздух многу брзо опаѓа заради порастот на притисокот под кој се наоѓа експлозивната материја. При притисок од $5 \cdot 1000000$ Pa детонацијата кај процесот на распаѓање на пентритот се гаси.

3.2) Истекување на продуктите на детонација – емисија на енергијата на експлозијата

Максимална брзина на истекување имаат гасните продукти на детонација кои се разлеани од површината на експлозивното полнење. Основен носител на енергијата на експлозијата се честичките кои летаат од површината на експлозивното полнење.

Движењето на честичките при истекувањето од површината на експлозивното полнење резултира со двокомпонентната брзина на движење.

При истекувањето на продуктите од површината на полнењето при кос детонациски бран, може да се утврдува дека главниот дел на енергијата на тој слој зафаќа внатре доволно мал агол, кој се нарекува агол на емисија на енергијата на експлозијата. Овој агол зависи од аголот помеѓу фронтот на детонацискиот бран и површината на полнењето. Внатре во аголот се добива повеќе од 70% енергија отколку на површинскиот слој на материите.

Постоењето на аголот на емисија на енергијата на експлозијата покажува дека при детонацијата постои одреден насочен тек на гасните продукти, а со тоа и зголемено дејствување во одредена насока, што е од особена важност за правилна примена на енергијата на експлозијата.

За да може да се пресмета резултираната брзина на истекување на продуктите на детонација од површината, мора да биде позната масената брзина на продуктите, која во моментот на разлетување, односно во моментот на завршување на хемиската реакција има одредена вредност.

Мора да биде позната и локалната брзина на звукот за средината која е во непосреден контакт со експлозивното полнење.

Густината на гасните продукти е променлива: на почетокот на ширењето гасовите се силно компримирани и густината им е голема, додека потоа притисокот нагло опаѓа и продуктите на експлозијата при ширењето тежнеат кон состојбата на идеален гас. Во реални услови аголот на емисија на енергијата на експлозијата се одредува експериментално со помош на техниката на снимање на траги на разлетување на продуктите на детонација од површината на експлозивните полнења, во форма на „Г“, „П“ или „О“ на зацрнета бакарна плоча.

3.3) Прераспределба на енергијата на детонација – слика на полето на детонација

Поаѓајќи од хидродинамичката теорија и пресметката на параметрите на фронтот на бранот и во моментот на експанзија на гасните продукти, се докажува дека внатре во самиот детонациски бран доаѓа до прераспределба на енергијата од назад кон напред на детонацискиот бран. Со тоа се докажува и тврдењето дека честичките на фронтот на бранот се основни носители на енергијата на експлозијата.

Доколку се земе во предвид и принципот на истекување на честичките од површината на експлозивното полнење во моментот на нивната експлозија и аголот на емисијата на енергијата на експлозијата, тогаш се докажува дека доаѓа до глобална прераспределба на енергијата на детонацијата и дека со менување на одредени фактори кои влијаат на детонацијата може да се управува со прераспределбата, а со тоа и дејството на експлозијата на околната средина.

Прераспределбата на енергијата на експлозијата се изведува преку слика на полето на експлозијата. Потполно симетричната експанзија на гасните продукти се одвива кај полнењата со сферен облик.

На обликот на полето на експлозија влијание има:

- обликот на експлозивното полнење;
- местото на иницирање на експлозивното полнење.

Полето на експлозијата е директна последица на прераспределбата на енергијата на детонацијата, па со менување на обликот на експлозивното полнење и местото на иницирање, во одреден степен може да се влијае на управувањето со прераспределбата на енергијата на детонацијата.

Следен фактор кој влијае на ширењето на гасните продукти е:

- средината во која експлозијата се одвива.

Доколку експанзијата се одвива во вакуум, распределбата на притисокот, густината и брзината на продуктите на експлозијата на различни оддалечености е различна. Притисокот и густината се најмали во надворешните слоеви на полето на експлозијата, додека најголеми се во внатрешноста. Брзината на гасовите кои се шират најголема е во надворешните делови.

Кај полето на експлозијата во реална средина, гасните продукти на границата на полнењето започнуваат взаемно да дејствуваат со средината која го опкружува полнењето. Доколку средината е со голема густина (метал), границата на полнењето и средината почнува лесно да се движи од центарот на полнењето. Во тој случај брзината на продуктите на експлозијата е голема од поместувањето на границата на полнење и средина. Во тој случај гасовите наидуваат на средина, се компримираат и притисокот расте. Додека средината во која настанало поле на експлозија е со мала густина (воздух), границата на гасните продукти и воздухот се движи побрзо од самите гасни продукти на детонацијата и притисокот веднаш почнува да опаѓа.

Кај експлозијата со сферно полнење, во центарот на експлозијата брзината е еднаква на нула, на границата на разлетување на продуктите притисокот и густината се

еднакви на нула. Законитостите на полето на експлозивното полнење во воздух, вода или метал се слични со законитостите на полето на експлозијата во вакуум, при тоа земајќи го во предвид и отпорот на средината. Законитостите на полето на експлозијата во воздух се најслични со полето на експлозијата во вакуум.

III ДЕЛ

ИМПРОВИЗИРАНИ ЕКСПЛОЗИВНИ НАПРАВИ

1. ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ

Појавата на импровизираните експлозивни направи е поврзана со појавата на барутот кај Старите Кинези. Се претпоставува дека црниот барут е изум на Старите Кинези, кој го пронашле пред новата ера, а истите во X – от век го користеле како средство за разни церемонии и создавање на светлосни ефекти за огномет и за сигнали.¹⁵⁵ Во средината на XIII – от век црниот барут Кинезите го користеле во бомби за воени цели. Постојат и податоци дека црниот барут бил пронајден од Арабите и дека во Европа бил донесен од нивна страна.

Барутот во стара Кина наоѓал голема примена во борбените дејства како средство за заплашување и создавање на огнени ефекти. Со појавата на динамитот, црниот барут е во целост заменет со новите експлозивни материи. Новите експлозивни материи имаат поголема стабилност, за што најзаслужен е шведскиот научник Alfred Bernhard Nobel,¹⁵⁶ кој бил хемичар, инженер, иноватор кој успеал да изврши стабилизација на нитроцелулозата, а ги открил и пластичните експлозивни материи, динамитот, детонирачкиот желатин, балиститот, кој е предвесник на малкучадните експлозивни материи, како и стопанските експлозивни материи. Меѓутоа, официјалното појавување на поимот импровизирани експлозивни направи кои се употребуваат во борбени дејствија се сретнува во Првата светска војна, каде што во своето дело „Бура од челик“ од Ernst Jünger¹⁵⁷ детално се опишани употребата на експлозивните стапици (назив за импровизираните експлозивни направи) од страна на Германската војска при повлекувањето кај реката Сома.

Во Втората светска војна импровизираните експлозивни направи нашле голема примена од страна на сојузничките сили кои во тоа време се бореле против Нацистичка Германија. Со масовна употреба на овие направи се правела голема штета на противничките сили преку попречување на извршување на одредени дејствија, намалување на логистичката поддршка, а при тоа користејќи го принципот на изненадување.

¹⁵⁵ Јеремић Р., *оп.цит.*, стр. 14. (1)

¹⁵⁶ Alfred Bernhard Nobel, (21.10.1833 – 10.12.1896 г.), Шведски хемичар, инженер, иноватор.

¹⁵⁷ Ernst Jünger, (29.03.1895 – 17.02.1998 г.), Германски писател, кој бил војник во I Светска војна.

Најголемата употреба започнува со брзиот техничко – технолошки развој на воената индустрија, појавата на различни видови на експлозивни материји, запалки, различни видови на проводници и средства за обединување во една целина, како и зголемување на способноста со користење на иновативноста на луѓето за изработка на најразлични импровизирани експлозивни направи.

Корејската и Виетнамската војна претставуваат зачетоци на модерната употребата на импровизираните експлозивни направи од страна на приврзаниците на Ким Ил Сунг во Кореја и комунистичките партизани во Виетнам против Армијата на Соединетите Американски Држави и нивните сојузници.

Најголем прогрес на нивната употреба е воочена за време на кампањата на Армијата на Обединетото Кралство во Северна Ирска во периодот од 1969 – 1997 година. Припадниците на Ирската Републиканска Армија (ИРА)¹⁵⁸ како неконвенционална воена сила употребата на овие средства им претставува главно оружје за нанесување на загуби по жива сила и материјално – технички средства. Припадниците на Ирската Републиканска Армија најчесто користат домашно изработени експлозивни материји и рачно изработени запалки, или пак воени експлозивни материји украдени од воените магацини на Армијата на Обединетото Кралство или шверцувани од страна на земјите кои се против кампањата на Обединетото Кралство во Северна Ирска.

Кулуминација на употребата на импровизираните експлозивни направи, не само како средство за уништување на одредени воени и цивилни цели, туку и како средство за остварување на некои цели и постигнување на медиумски ефект, ја добиваат со отварање на фронтите во Чеченија, Ирак и Авганистан.¹⁵⁹ Нивната употреба е насочена и кон цивилни, владини и невладини организации и верски заедници.

Употребата на овие направи во неконвенционални цели предизвикува појава на несигурност, сееење на страв и паника и заплашување кај цивилното население. Со самиот ефект кој што е постигнат при употребата на импровизираните експлозивни направи, доаѓаме до дефиницијата за тероризмот и неговата сè поголема актуелност. Зборот терор (terreur) со значење сееење на страв, заплашување¹⁶⁰, потекнува од периодот на јакобинската диктатура на Француската буржоаска револуција (1789 –

¹⁵⁸ <http://www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/ira/inside/org.html>, преземено на 13.02.2017 г.

¹⁵⁹ <http://www.csis.org/analysis/afghan-and-iraqi-metrics-and-ied-threat>, преземено на 13.02.2017 г.

¹⁶⁰ „Политичка енциклопедија“ – Савремена администрација, Београд, 1975, стр. 1079.

1794 година). Теророт (латински terror) значи ужас, страв и трепет, примена на застрашување, политичко насилство.¹⁶¹

Употребата на импровизираните експлозивни направи во Република Македонија низ историјата е забележано пред осамостојувањето, за време на Османлиското ропство. Имено, македонските револуционери со помош на овие експлозивни направи му пркосеа на Османлиското ропство насочувајќи ги против османлиската војска, особено во периодот од 28 април до 01 мај 1903 година, кога Солунските атентатори извршија серија напади со помош на импровизирани експлозивни направи.

За време на Втората светска војна, Македонските партизани ги употребувале за спречување на железничките конвои на Германската и Бугарската окупаторска војска.

По осамостојувањето на Република Македонија, како негативен пример за употреба на импровизирани експлозивни направи се случи на 03.10.1995 година, кога беше направен атентат врз тогашниот Претседател на Република Македонија г – дин Киро Глигоров. Со извршувањето на овој чин, беше нанесен голем удар на Република Македонија, се создаде паника, државните органи беа слабо координирани и се создаде дестабилизација на политичкиот и општествен живот.¹⁶²

Во вооружениот конфликт во 2001 година, на локациите во Република Македонија каде што се одвиваа борбените дејства имаше користење на импровизирани експлозивни направи од страна на припадниците на Ослободителната Народна Армија (ОНА) на Албанската заедница во Република Македонија. Овие направи беа многу вешто користени во комбинација со формациските експлозивни материи и прирачни средства во реоните на Тетовско, Скопска Црна Гора и Кумановско – Липовскиот регион. Употребата на импровизираните експлозивни направи од страна на Ослободителната Народна Армија придонесоа за промена на конвенционалното војување на Армијата на Република Македонија и примената на современи методи за борба против вооружени групи кои се служат со асиметричен тип на војување.¹⁶³

¹⁶¹ „Мала енциклопедија“ – ИП Просвета Београд, 1970, стр. 94.

¹⁶² Печатено издание: Нова Македонија, бр. 2119, 25.02.2010 година.

¹⁶³ David L.B., „Defining asymmetric warfare“, The Land Warfare Papers, No. 58, September 2006.

2. ПОИМ И ДЕФИНИЦИЈА

Поимот импровизирана експлозивна направа (ИЕН) претставува превод на општо прифатената и декларирана кратенка во НАТО¹⁶⁴: IED – Improvised Explosive Device, односно превод на поимот импровизирана експлозивна направа. Преводот на кратенката не е сè уште прифатена во македонскиот јазик во смисла на лексиката, меѓутоа се употребува во зависност од потребите на институциите кои се занимаваат со безбедносните прашања. Со цел постигнување на интероперабилност на безбедносните институции во преписките со меѓународните сродни служби, како и аспирациите на Република Македонија за станување на полноправна членка на НАТО и влез во Европската унија (ЕУ), повеќе од потребно е терминот импровизирани експлозивни направи да биде составен дел од терминологијата во македонскиот јазик. Овие експлозивни направи се нарекуваат импровизирани (lat. improvizare – составува на брза рака), бидејќи отстапуваат од изработената стандардна форма на експлозивни направи и се составуваат на брза рака и при тоа ги зачувуваат карактеристиките да предизвикуваат огромна материјална штета на материјално – техничките средства и смртност на живата сила.

Според дефиницијата одредена во НАТО стандардизацијата и правилата¹⁶⁵, импровизирана експлозивна направа е направа која е составена или фабрикувана на импровизиран начин во која се вградени деструктивни, смртоносни, штетни, пиротехнички, запаливи и хемиски средства, чија основна цел е да ги уништат, онеспособат, заплашат или да го одвлечат вниманието кон тие за кои е наменета.

2.1. Општо за импровизираните експлозивни направи

Импровизираните експлозивни направи имаат големо влијание во денешницата од аспект на нивната употреба. Тие се добро осмислени кои имаат изберео добро осмислена цел, со чија помош се постигнуваат повеќе ефекти. Во изминатиот период во Република Македонија имаше случаи каде што импровизираните експлозивни направи беа употребувани не само во случај на конвенционален начин на војување, насочени кон безбедносните сили и рушење на уставниот поредок на Република

¹⁶⁴ НАТО – Северно Атланска Организација (NATO – North Atlantic Treaty Organization).

¹⁶⁵ AEODP 3(A), 04.2012, page 21, NATO.

Македонија, туку и од страна на поединци или групи за меѓусебни пресметки од криминални побуди.

Импровизираните експлозивни направи можат да бидат секој вид на материјал или иницијатор, кои се направени рачно во „домашни услови“ и кои како такви, со нивно активирање можат да предизвикаат повреди или смртни последици. При тоа, импровизираните експлозивни направи користат експлозивни материи или комбинација на експлозивни материи со хемиски, биолошки отрови или радиоактивни материи. Импровизираните експлозивни материи можат да бидат изработени во разни големини, користат разни методи на дејствување, користат стопански или воени експлозивни материи подготвени рачно и во домашни услови, користат воени експлозивни направи или неексплодирани убојни (убиствени) средства, како и нивни делови.¹⁶⁶

Импровизираните експлозивни направи по својата природа се единствени, бидејќи изработувачите мора да ги изработуваат, односно да импровизираат со материјалот кој што го имаат при рака. Направени се да можат да бидат поставени и да дејствуваат кон одредена цел и при тоа многу тешко можат да се откријат каде се поставени. Во последно време нивната изработка е доведена до совршенство, со што заштитата од нив е многу тежок и сложен процес.

Импровизираните експлозивни материи претставуваат направа, оружје со механички делови и делување како механички направи, средства кои се дел од системот, кои ги создаваат заканите, предизвикуваат крвави инциденти и претставуваат основно средство за предизвикување на немир и несигурност кај цивилното население, но претставуваат и основна алатка на терористичките организации за нивна промоција и пропаганда.¹⁶⁷ За таа цел, тие треба да се проучуваат од два аспекта:¹⁶⁸

- тактички,
- технички.

Тактички. Тактичкиот аспект ги опфаќа начинот на кој се планираат, спроведуваат (тактичкиот дизајн) и намерата (целта) за предизвикување на инцидентот со последици по живата сила и материјално – техничките средства.

¹⁶⁶ <http://www.globalsecurity.org/military/intro/ied.htm> преземено на 05.09.2016 година.

¹⁶⁷ „*Weapons Technical Intelligence (WTI), Improvised Explosive Device (IED) Lexicon*“, 4th Edition October 2012, US Defence Intelligence Agency, page 11. (1)

¹⁶⁸ US Defence Intelligence Agency, *op. cit.*, page 11. (1)

Технички. Техничкиот аспект ги опфаќа описот и техничката деталација на импровизираните експлозивни направи со цел да се идентификуваат нејзините клучни делови. Деловите од кои се составени се всушност материјалите кои понатаму се извор за идентификација на техничките и форензичките информации, кои понатаму ќе се експлоатираат во натамошно проучување.

Тактичкиот аспект ги проучува методите на идентификација, лоцирање на направите, местото (локацијата) каде е поставена, кој ја поставува, нивната улога врз државата, општеството, локалното население и при тоа дава одговори на следните прашања:

- Зошто е овде поставено?
- Зошто сега?
- Зошто на овој начин?

Додека тактичкиот аспект се занимава со повеќе аспекти на влијанија, техничкиот аспект строго ги проучува техничките карактеристики, како што се основните делови на импровизираните експлозивни направи, состав, јачина на експлозивна материја, систем за иницирање, начин на извршување и други технички карактеристики.

Колку импровизираните експлозивни направи да се разликуваат по обликот, начинот на поставување, нивно лоцирање, нивна цел и состав, тие претставуваат склоп од извор на струја, проводници, запалка и експлозивно полнење.¹⁶⁹

2.2. Начин на изработка и употреба на импровизираните експлозивни направи

Импровизираните експлозивни направи се едноставни и лесни за изработка, но за да истите бидат функционални, во голема мерка зависи од имагинацијата и креативноста на изработувачот.

Според начинот на изработка, импровизираните експлозивни направи се делат во три категории:

- импровизирани експлозивни направи во форма на пакет,
- импровизирани експлозивни направи поставени во автомобил и
- импровизирани експлозивни направи за извршување на самоубиствени напади.¹⁷⁰

¹⁶⁹ US Defence Intelligence Agency, *op. cit.*, page 4. (1)

Импровизираните експлозивни направи претставуваат механички направи составени од повеќе делови. Всушност, тие претставуваат комбинација на различни материјали и направи со различна намена, при што нивната взаемна врска придонесува истите да можат да функционираат.

Импровизираните експлозивни направи се составени од следните основни делови:

- извор на струја,
- сигурносен затворац,
- стартер,
- иницијатор и
- главно полнење.¹⁷¹

Извор на струја. Изворот на струја претставува делот од кој се донесува електричен импулс, односно струја во струјното коло. Тој е вграден во направата, со чија помош се поттикнува целиот сложен систем да се активира. Составот може да биде различен, но намената е секогаш иста. Најчесто се употребуваат различни видови на батерии, акумулатори од автомобили, разни полначи кои создаваат електричен импулс, индуктори, како и струја од градската електрична мрежа. Овие средства лесно се наоѓаат во малопродажба, ефтини се и при нивно купување не постои сомневање дека ќе бидат употребени за нелегални активности. Нивната употреба и начин на користење се едноставни, што на изработувачот му дава можност за брза изработка, лесен транспорт и без ризик за нарушување на неговата безбедност.

Сигурносен затворац. Намената на сигурносниот затворац е можноста за контрола на направата при транспорт и при самото поставување. Со самото поставување на оваа направа, операторот се осигурува од неочекувани појави или пак си дава време за подготовки и употреба на средството во моментот кога тоа е планирано. Сигурносниот затворац најчесто не се употребува, особено кај оние импровизирани експлозивни направи кои се изработено на брза рака и непрофесионално. Кај бомбашите самоубијци задолжително постои сигурносен затворац, бидејќи самата направа е поставена на нивното тело и со помош на сигурносниот затворац се оневозможува нејзино предвремено активирање. Сигурносниот затворац претставува обичен прекинувач на струјното коло и многу лесно можат да се најдат во комерцијална употреба.

¹⁷⁰ <http://www.globalsecurity.org/military/intro/ied.htm> преземено на 05.09.2016 година.

¹⁷¹ <http://www.jieddo.mil/index.aspx> преземено на 05.09.2016 година.

Стартер. Стартерот претставува дел од системот кој направата ја става во функција и ја активира. Тој е управувачкиот дел на операторот и истиот може да биде управуван рачно, далечински или временски подесен.

Иницијатор. Иницијаторот или иницијалната каписла претставува дел од системот кој го дава иницијалниот импулс со чија помош се активира главното полнење. Иницијаторот може да биде изработен во домашни услови или фабрикуван.¹⁷² Најчесто се употребуваат фабрикуваните иницијатори, бидејќи изработените во домашни услови се доста сложени за изработка. Фабрикуваните иницијатори најчесто се набавуваат нелегално, на црниот пазар, од слабо чувани воени склади на постоечките склади или од индустриските капацитети кои се занимаваат со минирање и рударство. Иницијаторот или иницијалната каписла не е средство кое само по себе може да биде употребено. Тоа е најчесто дел од систем на три елементи (иницијатор, стартер и сигурносен затворач) кои ја сочинуваат запалката.¹⁷³

Главно полнење (експлозивно полнење). Главното или експлозивното полнење претставува финалниот елемент кој го дава крајниот производ на дејството на импровизираната експлозивна направа. Во голема мерка експлозивното полнење претставува експлозивна материја, смеса или пак комбинација на различни материи кои предизвикуваат експлозија и ослободуваат големо количество на топлина и енергија. Експлозивните материи се делат на воени, индустриски или изработени во домашни услови и за изработка на импровизирани експлозивни направи најчесто се употребуваат воени, бидејќи се и најмоќни. Не е за занемарување и употребата на индустриските експлозивни материи, бидејќи се достапни за изработувачите. При изработка на импровизирани експлозивни направи се користат хемиски смеси како основа за главното полнење кои со соодветен иницијален импулс се активираат и имаат исти дејства како експлозивните материи.

При активирањето на импровизираната експлозивна направа се ослободува големо количество на енергија кое е пропратено со ударен бран, топлотна енергија и голема фрагментација на елементи од кои е составена направата. Последиците по луѓето и материјалните средства зависат од количината на експлозивното полнење, поставеноста и количината на фрагментите, кои можат да бидат во форма на ситни метални делови, клинци и други прирачни средства. Доколку сите три дела од експлозивната направа се урамнотежени, се добива средство кое може да предизвика

¹⁷² IED Smart book, 2013 for ISAF Afghanistan.

¹⁷³ AAP – 6 (2010), NATO Terminology and Glossary.

голема штета. Последиците од употребата на импровизираните експлозивни материи не се само краткорочни во поглед на бројот на жртви и материјална штета, туку и долгорочни во поглед на нивното присуство, методските аспекти на нивното откривање, попречување на нивна примена, како и предизвикувањето на страв и несигурност кај населението и безбедносните сили.

Импровизираните експлозивни направи се дизајнирани за употреба на специфичен вид на цели.¹⁷⁴ Тие генерално стануваат многу сложени за откривање и заштита, бидејќи начинот на изработка е многу софистициран и материјалите кои ги користат се фабрикувани од едноставни делови кои се користат во секојдневието, што овозможува нивна употреба со најразлични методи, во сите временски услови и нивна изработка во најразлични облици.

Степенот на софистицираност зависи од остроумноста (генијалноста) на изработувачот на импровизираната експлозивна направа и достапноста на алатките и деловите за составување. Во денешно време овие направи се многу различни и можат да содржат било кој вид на иницијатор, односно иницијално средство и експлозивно полнење составено од воен, стопански или друг вид на експлозивна материја.

Импровизираните експлозивни материи можат да се употребуваат со помош на електричен систем кој е составен од жица, акумулатор од автомобил или мопед, своно, алармен систем, батериска ламба, далечински управувач од ТВ или некоја играчка, потоа со помош на електронски сигнал кој се создава и пренесува со мобилен телефон, потоа временски (темпирани) импровизирани експлозивни направи, во чие време потребно за активирање на направата е вклучено и иницирањето на експлозивната материја, потоа командувани направи кои се активираат со помош на безжичен телефон, далечински управувач или радио – контролирана направа, потоа импровизирана експлозивна направа која што е активирана од страна на жртва (бомбаша – самоубијци) со помош на повлекување, притисок итн.

Со цел подобро да се запознаат методските аспекти на истражување на импровизираните експлозивни направи, потребно е одлично познавање на тактиките, техниките и процедурите на нивно изработување и употреба (примена), кои со нивно познавање ќе овозможат превенција, намалување и справување со овој вид на експлозивни направи.¹⁷⁵ За таа цел потребно е:

¹⁷⁴ „*Improvised explosive device*“, B3L4118, Student Handout, United States Marine Corps, Camp Barrett, Virginia, page 4. (1)

¹⁷⁵ Student Handout, United States Marine Corps, *op. cit.*, page 6. (1)

- познавање на областите каде што вообичаено може да се поставуваат импровизирани експлозивни направи,

- идентификување на методите на поставување и прикривање,

- разбирање на начинот на употреба на импровизираните експлозивни направи.

Импровизираните експлозивни направи можат да бидат поставени на секое место, особено на место каде што истото е доволно прикриено и каде што најмалку се очекува да бидат поставени од аспект на неможноста да бидат откриени.

Постојат многубројни индикатори за откривање на импровизирани експлозивни направи кои можат да бидат од голема помош при лоцирање на истите. Најдобар индикатор претставува случувањето во непосредната околина. Примарни индикатори за откривање на овие направи можат да бидат:¹⁷⁶ промена на средината, односно непосредното опкружување (нешто е видоизменето во однос на претходниот изглед). Можат да бидат оставени видливи траги, кои претставуваат информација дека во непосредна близина има поставена импровизирана експлозивна направа. Внимателното и будно набљудување на овие индикатори можат да доведат до веројатност за откривање на импровизирана експлозивна направа пред да се случи нејзино активирање. Тука спаѓаат:

- невообичаено однесување при одредена активност,

- разни сигнали кои ги даваат одредени лица,

- зголемено набљудување,

- присуство на сомнителни предмети (метални предмети во разни форми),

- поставени разни препреки,

- присуство на жици, антени, кабли итн.

При техниките на поставување на импровизираните експлозивни направи се води сметка на прикриеноста при нивно поставување, места кои оневозможуваат да бидат лесно пронајдени, како што се покрив, прозор, простор за оставање на ѓубре, возила, моторцикли, густа вегетација, канал, теснец, клисура, ќорсокак итн. Секогаш постои можност од поставување од две или повеќе импровизирани експлозивни направи со цел за нивна поголема успешност при активирањето.

Импровизираните експлозивни направи можат да се користат на следниот начин:

¹⁷⁶ Student Handout, United States Marine Corps, *op. cit.*, page 6. (1)

- маскираните статични импровизирани експлозивни направи можат да бидат прикриени со ѓубре, во кутија, под гуми за моторни возила и можат да бидат поставени над, под и во моторни возила, без оглед дали се исправни или напуштени,

- маскираните мобилни импровизирани експлозивни направи се поставуваат во автомобил – бомба и на бомбаши – самоубијци,

- импровизираните експлозивни направи се поставуваат и на обезбеден или необезбеден објект, пат итн.

Кога доаѓа до користење на автомобил – бомба како импровизирана експлозивна направа, или поголемо возило во однос на неговиот надворешен периматар, тогаш постојат безброј сценарија за начинот на нивна употреба, во зависност од тоа дали се мобилни или статични. Непредвидливоста при нивно поставување ги прави доста сложени за откривање. Вообичаено за овој вид на експлозивни направи кои се користат со помош на превозни средства е што како индикатори можат да се појават самите управувачи на превозните средства, бидејќи секое чудно однесување во однос на управувањето со возилото, како и присутноста само на едно лице – маж, претставува јасен индикатор дека станува збор за потенцијална импровизирана експлозивна направа.

Бомбашите – самоубијци претставуваат посебна категорија, каде што голем дел од времето се посветува на нивните психолошки подготовки за реализација на улогата на бомбаш – самоубиец, кој е подготвен во било кое време да изврши напад.

Како индикатори со кои можат да се препознаат овој вид на извршители на напад со помош на импровизирани експлозивни направи се:

- чудно однесување на извршителите на напад,
- непочитување на сигналите за запирање на нивното движење,
- носење на премногу облека на себе со цел да ја прикријат експлозивната направа,

- присуство на антени, жици и други средства чија намена е активирање на импровизираната експлозивна направа.

IV ДЕЛ

КРИВИЧНО – ПРАВНИ АСПЕКТИ НА КРИВИЧНИТЕ ДЕЛА ПОВРЗАНИ СО ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Со цел да се овозможи потполна и поуспешна заштита на основните општествени вредности и добра во рамките на националните интереси и граници и доследно спроведување на преземените обврски на меѓународен план, македонскиот законодавец го моделира своето законодавство согласно меѓународните искуства на тој план. Кривичниот законик на Република Македонија денес ги познава следните кривични дела кои се поврзани со експлозивните материи, а кои истите се систематизирани според објектот на заштита, како и по други основи на внатрешна систематизација:

Глава XXVI – кривични дела против општата сигурност на луѓето и имотот:

- предизвикување општа опасност (чл. 288);
- тешки дела против општата сигурност (чл. 292);
- неотстранување опасност (чл. 294);
- неовластено производство и промет со општоопасни материи (чл. 295);

Глава XXVII – кривични дела против безбедноста на јавниот сообраќај:

- загрозување на безбедноста на воздушниот сообраќај (чл.303);

Глава XXVIII – кривични дела против државата:

- терористичко загрозување на уставниот поредок и безбедност (чл. 313);

Глава XXXIII – кривични дела против јавниот ред:

- терористичка организација (чл. 394 а);
- тероризам (чл. 394 б);
- изработување и набавување оружје и средства наменети за извршување на кривични дела (чл. 395);
- недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материи (чл. 396).

1. КРИВИЧНИ ДЕЛА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Кривичните дела поврзани со експлозивните материи претставуваат едни од најтешките кривични дела заради начинот на извршување и последиците и заради тоа се класифицирани во сериозни кривични дела.

1.1. Предизвикување општа опасност

Член 288¹⁷⁷ предизвикување општа опасност гласи:

(1) Тој што со пожар, поплава, експлозија, отров или отровен гас, јонизирачко зрачење, моторна сила, електрична или друга енергија или со друго општоопасно дејствие или средство ќе предизвика значителна опасност за животот или телото на луѓето или за имот од големи размери, ќе се казни со затвор од шест месеци до пет години.

(2) Со казната од став 1 ќе се казни службено или одговорно лице кое нема да постави пропишани уреди за заштита од пожар, експлозија, поплава, отрови, отровни гасови или јонизирачки зрачења или овие уреди не ги одржува во исправна состојба или во случај на употреба не ги стави во дејствие или воопшто не постапува според прописите или техничките правила за мерките за заштита и со тоа предизвика опасност за животот или телото на луѓето или за имотот од големи размери.

(3) Ако делото од ставовите 1 и 2 е сторено на место каде што се собрани поголем број луѓе, сторителот ќе се казни со затвор од една до пет години.

(4) Тој што делото од ставовите 1, 2 и 3 го стори од небрежност, ќе се казни со парична казна или со затвор до три години.

(5) Ако делото од овој член го стори правно лице, ќе се казни со парична казна.

Битието на делото го карактеризира предизвикувањето на општоопасни дејствија со општоопасни средства т.е нивната општоопасна природа. Општоопасно дејствие е она дејствие со кое се ослободува природна или вештачки создадена енергија чиешто натамошно ширење и делување е надвор од контролирачката моќ на сторителот. Општоопасно средство е било кој предмет, чија употреба во конкретните услови може да предизвика опасност.

Карактеристични обележја на ова дело се:

¹⁷⁷ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

1. Начинот на преземање и извршување на општоопасно дејствие или акт на насилство (предизвикување експлозија, пожар, поплава, отров или отровен гас, јонизирачко зрачење, моторна сила, енергија), кое општоопасно дејствие треба да создава лична несигурност и страв кај граѓаните.

2. Резултатот од општоопасното дејство.

Овие карактеристики се меѓусебно поврзани: од општоопасно дејствие резултира општа опасност за луѓето и имотот.

Објект на заштита на кривичното дело може да биде групен или посебен. Како групен објект на заштита се јавува општата сигурност на имотот и материјалните добра, додека индивидуалниот објект на заштита е личната сигурност на граѓанинот, неговиот телесен интегритет и здравјето.

Како резултат на ова кривично дело, во **член 292 „Тешки дела против општата сигурност“**, последица на делото против општата сигурност на луѓето и имотот е обележје на објективното битие, а тоа е настанување на тешки последици за заштитеното добро во вид на смрт, тешка телесна повреда или имотна штета.

1.2. Неотстранување опасност

Член 294¹⁷⁸ неотстранување опасност гласи:

(1) Тој што со навремена пријава до надлежен орган или на друг начин не ќе преземе мерки за отстранување пожар, поплава, експлозија, сообраќајна несреќа или некаква друга опасност за животот или телото на луѓето или за имот од значителен обем иако тоа можел да ги стори без ризик за себе или за друг, ќе се казни со парична казна или со затвор до една година.

(2) Тој што со одвраќање или на друг начин ќе спречи друг во преземање мерки за отстранување на пожар, експлозија, сообраќајна несреќа или друга опасност за животот или телото на луѓето или за имот од големи размери, ќе се казни со затвор од три месеци до три години.

Во овој член се содржани два облика на дејствие на извршување: пропуштање на отстранување на опасност (ст. 1) и спречување друг во преземањето мерки за отстранување на опасност (ст. 2). Законодавен мотив за установување на кривичното дело е опасноста од неотстранување на општоопасна состојба.

¹⁷⁸ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

Виноста се утврдува со постоење на умисла што се состои во свест за постоењето на одредена опасност која може да настапи доколку не се поднесе навремена пријава или ако не се преземат мерки за отстранување на опасноста (ст. 1), а во ст. 2 во свест дека се спречува друго лице да ги преземе потребните мерки за отстранување на опасноста.

1.3. Неовластено производство и промет со општоопасни материи

Член 295¹⁷⁹ неовластено производство и промет со општоопасни материи гласи:

(1) Тој што јонизирачки или други материи кои можат да предизвикаат општа опасност за животот на луѓе или имот од значителна вредност, неовластено изработува, произведува, собира, крие или на друг му овозможува до нив неовластено да дојде или непрописно да ги пренесе, ќе се казни со парична казна или со затвор до една година.

(2) Со казната од став 1 ќе се казни тој што спротивно на прописите за промет на експлозив или лесно запалив материјал ќе го предаде таквиот материјал за превоз со јавни превозни средства или самиот го пренесува користејќи јавни превозни средства.

(3) Ако делото од овој член го стори правно лице, ќе се казни со парична казна.

Субјективна страна на делото е тоа што станува збор за дело што може да биде извршено со умисла или од небрежност. Умислата на сторителот се состои во свест за законските обележја на делото од ст. 1 и ст. 2. Кога станува збор за правно лице, се мисли на лице во чијшто делокруг на службени или работни обврски влегува преземањето на мерки за заштита од неовластено производство и промет на општоопасни материи.

1.4. Загрозување на безбедноста на воздушниот сообраќај

Член 303¹⁸⁰ загрозување на безбедноста на воздушниот сообраќај гласи:

(1) Тој што во воздухоплов ќе внесе експлозивна или слична направа или супстанција, ќе ги уништи или оштети уредите за навигација или ќе предизвика друга штета на воздухопловот, ќе даде лажни известувања во врска со летот, непрописно или

¹⁷⁹ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

¹⁸⁰ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

неправилно ќе управува со летот, ќе ја пропушти должноста за надзор врз безбедноста на воздушниот сообраќај или на друг начин ќе ја доведе во опасност безбедноста на летот во воздухопловот, ќе се казни со затвор од една до десет години.

(2) Ако поради делото од став 1 настапила смрт на едно или повеќе лица или е предизвикано уништување на воздухопловот, сторителот ќе се казни со затвор најмалку пет години.

(3) Ако при извршувањето на делото од став 1 некое лице со умисла е лишено од живот, сторителот ќе се казни со затвор најмалку десет години или со доживотен затвор.

(4) Ако делото од став 1 е сторено од небрежност, сторителот ќе се казни со парична казна или со затвор до три години.

(5) Ако поради делото од став 4 настапила смрт на едно или повеќе лица, или е предизвикано уништување на воздухопловот, сторителот ќе се казни со затвор од една до пет години.

Битието на делото од ст.1 – инкриминацијата ги опфаќа сите облици на загрозување на безбедноста на луѓето и имотот во воздушниот сообраќај со внесување на експлозивни направи или супстанции во воздухопловот, уништување или оштетување на уредите за навигација или нанесување друга штета на воздухопловот, непрописно или неправилно управување на воздухопловот, пропуштање на должноста или надзорот во врска со безбедноста на воздушниот сообраќај или на друг начин доведување во опасност на безбедноста на летот.

Карактерни обележја на ова кривично дело се:

1. Објект на дејство на извршување на кривичното дело е воздухопловот.
2. Извршувањето, кое се состои во поставување или внесување на експлозивна или слична направа или супстанција во воздухопловот, пропуштање на должност или надзор или секое друго дело кое влијае на безбедноста на летот на воздухопловот.
3. Последицата се состои во конкретната опасност за летот на воздухопловот.
4. Субјективниот елемент може да се состои во умислата или небрежноста.

1.5. Терористичко загрозување на уставниот поредок и безбедноста

Член 313¹⁸¹ терористичко загрозување на уставниот поредок и безбедноста гласи:

¹⁸¹ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

Тој што со намера да го загрози уставниот поредок или безбедноста на Република Македонија ќе предизвика или сериозно ќе се закани со предизвикување експлозија, пожар, поплава или друго општоопасно дејствие или акт на насилство, создавајќи чувство на несигурност или страв кај граѓаните, ќе се казни со затвор најмалку десет години.

Карактеристични обележја на ова дело се:

1. Дејствие на извршување и преземање на општоопасно дејствие или акт на насилство (предизвикување експлозија, пожар, поплава), кое што дејствие треба да создава чувство на лична несигурност или страв кај граѓаните.

2. Во субјективен елемент, покрај умислата влегува и намерата за загрозување на уставниот поредок и безбедноста на Република Македонија.

3. Објект на заштита на кривичното дело може да биде групен или посебен (индивидуален).

а) Како групен објект на заштита се јавува државното, уставното уредување и безбедност на Република Македонија, па затоа самото дело е класифицирано во кривичните дела против државата – Глава XXVIII.

Овде се настојува преку инкриминарање на ваквите ставови да се постигне зачувување на демократските институции, непречено функционирање на органите и претпријатијата, како и животот и телесниот интегритет на граѓаните на нашата држава. Според тоа, ова дело има политички карактер кој произлегува од групниот објект на заштита, против кого се насочени инкриминираните активности, во зависност од мотивот поради кои овие дела се извршуваат.

б) Одредувањето на индивидуалниот објект на заштита е значаен затоа што тој се појавува како елемент на битието на кривичното дело, затоа што без постоење на објект над кој се врши кривично дело, нема кривично дело.

Во законодавството постојат низа инкриминации кои ги предвидува законодавецот за заштита на личната сигурност на граѓанинот, телесниот интегритет и здравјето, слободата и правата и сл. Покрај ова, треба да постои и субјективна страна за заштита на граѓанинот, тој да се чувствува сигурен и безбеден, што фактички е и објект на напад т.е. субјективното чувство на сигурност и безбедност на граѓаните.

При терористички напад треба да се предизвика чувство на несигурност и страв кај граѓаните, па со тоа се смета дека е постигнат ефект на повреда на предвидените норми и се исполнува битието на кривичното дело.¹⁸²

Дејствието на извршување на ова кривично дело се состои од дејствија на предизвикување на експлозија, пожар, поплава или преземање на друго општоопасно дејствие или акт на насилство со кој се загрозува уставното уредување и безбедност на Република Македонија.

Како основна карактеристика на извршување на ова кривично дело се истакнува субјективниот елемент и намерата на извршителот, со што ова кривично дело би се разграничило од останатите кривични дела со слично извршување, односно потребата од посебна намера се наметнува како нужен елемент на ова кривично дело.

Основна карактеристика на делото лежи од една страна во дејствието на преземање на некоја општоопасна активност или акт на насилство преку кој се создава чувство на несигурност кај граѓаните, а од друга страна во намерата на некое лице – лица да го загорат со устав одреденото општествено и државно уредување или безбедноста на Република Македонија.

1.6. Терористичка организација

Член 394 – а¹⁸³) терористичка организација гласи:

(1) Тој што создава група, банда или друга злосторничка организација за извршување на кривични дела на: убиство, телесно повредување, грабнување на лица, уништување на јавни објекти, транспортни системи, објекти на инфраструктура, информациона системи и други објекти во општа употреба, грабнување на авиони или други средства за јавен транспорт, производство, поседување или трговија со нуклеарно оружје, биолошки, хемиски оружја и други видови на оружја и опасни материи, пуштање на опасни радиоактивни, отровни и други опасни супстанции или предизвикување на пожар или експлозија, уништување на постројки за снабдување со вода, енергија или други основни природни извори, со намера загрозување на животот

¹⁸² Камбовски В., „Коментар на кривичниот законик на Република Македонија“, Матица, 2011, стр. 1011.

¹⁸³ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

и телото и создавање чувство на несигурност или страв кај граѓаните, ќе се казни со затвор од најмалку осум години.

(2) Припадникот на групата, бандата или друга злосторичка организација, како и тој што помага на кој било начин, ќе се казни со затвор од четири до десет години.

(3) Со казната од став 2 ќе се казни и тој што јавно повикува, поттикнува или поддржува создавање на терористичка организација.

(4) Сторителот на делото од став 1 кој со откривање на организацијата или на друг начин ќе го спречи извршувањето на планираните дела, ќе се казни со затвор од три месеци до три години, а може и да се ослободи од казната.

(5) Сторителот од став 2 кој ќе ја открие организацијата пред да стори во нејзин состав или за неа некое од делата предвидени во став 1, ќе се ослободи од казна.

(6) Недвижностите искористени и предметите и средствата наменети за подготвување на делата од ставовите 1, 2 и 3 се одземаат.

Дејствие на извршување на ова кривично дело е инкриминирано во создавање на група, банда или друга злосторничка организација да се извршуваат терористички акти, кои претставуваат тешки казниви дела, чија што заедничка карактеристика е насилството.

Субјективно битие на делото од ст. 1 содржи директна умисла: свеста на сторителот посебно треба да го опфати злосторничкиот план. Делото од ст. 2 може да биде извршено и со евентуална умисла, која посебно треба да содржи свест за природата на здружението кон кое сторителот притстапува.

1.7. Тероризам

Член 394 – б¹⁸⁴ тероризам гласи:

(1) Тој што ќе изврши едно или повеќе дела на убиство, телесно повредување, грабнување на лица, уништување на јавни објекти, транспортни системи, објекти на инфраструктура, компјутерски системи и други објекти во општа употреба, грабнување на авиони или други средства на јавен транспорт, производство, поседување, транспорт, трговија, набавка или примена со нуклеарно оружје, биолошки, хемиски оружја и други видови на оружја и опасни материи, пуштање на опасни радиоактивни, отровни и други опасни супстанции или предизвикување на пожар или експлозија,

¹⁸⁴ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

уништување на постројки за снабдување со вода, енергија или други основни природни извори, со намера за загрозување на животот и телото и создавање чувство на несигурност или страв кај граѓаните, ќе се казни со затвор најмалку десет години или доживотен затвор.

(2) Тој што сериозно ќе се закани со извршување на делото од став 1 на овој член непосредно или посредно, со употреба на електронски средства или на друг начин, со намера за загрозување на животот и телото и создавање чувство на несигурност или страв кај граѓаните, ќе се казни со затвор најмалку осум години.“

(3) Тој што јавно повикува, со ширење или сторување на кој било друг начин достапна на јавноста порака, со намера за поттикнување на извршување на некое од дејствијата предвидени во ставот 1 на овој член, кога самото повикување создава опасност од извршување на такво дејствие, ќе се казни со затвор од четири до десет години.

(4) Со казната од ставот 1 на овој член ќе се казни и тој што ќе присили некого на извршување на делото од ставот 1 на овој член со сила или сериозна закана дека ќе го нападне неговиот живот и тело или животот и телото на нему блиски лица.

(5) Со казната од став 2 ќе се казни и тој што ќе се договори со друго лице за извршување на делото од став 1, или ќе повика друг да се приклучи кон здружение или група со намера за извршување на делото од став 1.

(6) Тој што организира изработување, подготвува, изработува, продава, купува, пренесува или држи експлозив, огнено оружје или друго оружје или опасни супстанции, наменети за извршување на делото од став 1, ќе се казни со затвор најмалку четири години.

(7) Тој што ќе стори дело на тешка кражба за да дојде до предмети за извршување на делото од ставот 1 на овој член, ќе се казни со казна затвор од најмалку четири години.

(8) Ако делото го стори правно лице, ќе се казни со парична казна.

(9) Недвижностите искористени и предметите и средствата наменети за подготвување и извршување на делата ќе се одземат.

Објективно, битие на делото е извршување на тешко дело против животот и телото, уништување на имотот, загрозување на животната средина или други тешки дела на насилство.

Субјективно претставува намерата за загрозување и создавање на чувство на несигурност или страв кај неопределен круг на луѓе.

Дејствијата на ова кривично дело се комплексни извршувања на самиот акт, закана со извршување на делото, како и јавно повикување на извршување на тероризам.

1.8. Изработување и набавување оружје и средства наменети за извршување на кривично дело

Член 395¹⁸⁵ Изработување и набавување оружје и средства наменети за извршување на кривично дело гласи:

(1) Тој што изработува, набавува, крие или на друг му овозможува да дојде до оружје, муниција, експлозивни или распрскувачки материи или средства потребни за нивно правење, отрови и други предмети за кои знаел дека се наменети за извршување кривично дело, ќе се казни со затвор од една до пет години.

(2) Ако предмет на делото од ставот (1) на овој член е огнено оружје, оружје чија употреба е забранета, или експлозивни или други материи од поголемо количество, сторителот ќе се казни со затвор од три до осум години.

(3) Тој што ќе направи или на друг ќе му отстапи лажен клуч или некое друго средство за провалување иако знаел дека е наменето за извршување на кривично дело, ќе се казни со затвор од три месеци до три години.

(4) Ако делото од овој член го стори правно лице ќе се казни со парична казна.

(5) Предметите од ставовите 1 до 3 и средствата за нивно правење, пренесување и растурање ќе се одземат.

Во ст. 1 е инкриминирано изработувањето, набавувањето или овозможувањето на друг да дојде до оружје, распрскувачки материи или средства погодни за нивно правење, како и отрови за кои сторителот знаел дека се наменети за извршување на кривично дело. Во ст. 2 се инкриминирани типични општоопасни подготвителни дејствија за извршување на кривични дела.

¹⁸⁵ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

1.9. Недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материјали

Член 396¹⁸⁶ недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материји гласи:

(1) Тој кој што неовластено изработува, држи, продава, набавува или врши размена со огнено оружје, муниција или експлозивни материји, ќе се казни со затвор од три до десет години.

(2) Ако предмет на делото од ставот 1 е поголемо количество на огнено оружје, муниција или експлозивни материји, или огнено оружје, муниција или експлозивни материји кои на граѓаните им се забранети, сторителот ќе се казни со затвор најмалку пет години.

(3) Ако делото од ставовите (1) и (2) на овој член е сторено во група, банда или друго злосторничко здружение, сторителот ќе се казни со затвор најмалку осум години.

(4) Предметите од ставовите 1 и 2 и средствата за нивно изработување, пренесување и растурање ќе се одземат.

Дејствие на извешување на делото е неовластеното изработување, продавање, набавување, вршење на размена или држење на огнено оружје, муниција или експлозивни материји кои на граѓаните им се забранети. Извршител може да биде секое лице, додека за виноста потребна е умисла што се состои во свест дека недозволено се држи, набавува или става во промет оружје или распрскувачки материјали што се вон промет за граѓаните.

Наведените членови од Кривичниот законик на Република Македонија укажуваат на фактот дека законодавецот пристапува сериозно кога станува збор за кривичните дела во кои се инкримирани експлозивните материји и последиците кои настануваат од нив, односно предизвикувањето на експлозија.

¹⁸⁶ Сл. весник на РМ бр. 19/04 и 114/09.

2. МЕЃУНАРОДНИ КОНВЕНЦИИ

Кривичниот законик на Република Македонија во Глава XXXIV ги предвидува кривичните дела против човечноста и меѓународното право. Во овој дел законодавецот наведува инкриминации кои штитат едни општоприфатени добра и инкриминираат активности кои претставуваат пречка во одвивањето на меѓународните односи и меѓународниот правен промет. Овие кривични дела произлегуваат од обврските кои нашата држава ги презема преку потпишување на меѓународните конвенции, договори или друг вид на комуницирање помеѓу меѓународните правни субјекти.

Обединетите нации досега имаат донесено меѓународни конвенции кои се во врска со кривичните дела кои се поврзани со употреба на експлозивни материи и предизвикување на експлозии:¹⁸⁷

„Меѓународна конвенција за забрана или ограничувања на употреба на конвенционално оружје – содржи општи одредби, додека сите забрани или ограничувања на употреба на одредени оружја или нивни системи се регулирани согласно протоколите на конвенцијата, која е усвоена на 10.10.1980 година во Женева:

- Протокол I, ги ограничува оружјата со незабележливи фрагменти;
- Протокол II, ги ограничува нагазните мини, стапиците;
- Протокол III, го ограничува запаливото оружје;
- Протокол IV, ги ограничува заслепувачките ласерски оружја;
- Протокол V, ги ограничува експлозивните остатоци од војна, односно неексплодираните и напуштени убојни средства.

„Меѓународната конвенција за обележување на пластични експлозиви со цел нивно откривање“ е донесена во Монреал на 1 март 1991 година и се однесува на контрола и ограничување на необележан и невидлив пластичен експлозив, а конвенцијата ги задолжува земјите на своите територии да обезбедат ефикасна контрола согласно техничкиот Анекс на договор.

„Меѓународна конвенција за забрана на употреба, складирање и производство на минскоексплозивните средства и нивно уништување“, која е усвоена во Осло, Норвешка на 18.09.1997 година, потпишана 03.12.1997 година во Отава, Канада. Истата е ратификувана од страна на Република Македонија на 01.03.1999 година. Оваа конвенција е од особено значење бидејќи истата е со неодредено време на траење и

¹⁸⁷ www.unog.ch, преземено на 05.09.2016 година.

што е уште позначајно, земјите кои ја имаат ратификувано оваа конвенција се обврзуваат да во наредните десет години ги отстранат и уништат на својата територија заостанатите минскоексплозивни средства без оглед на причините за нивно поставување, а во наредните четири години ги уништат сите складирани минскоексплозивни средства. Исто така, најстрого се забранува производство, складирање, употреба, развивање, продажба и уништување на минскоексплозивните средства. Земјите потписнички се должни секоја година да доставуваат известување до Генералниот секретар на Обединетите нации за состојбата со минскоексплозивните средства.

Исто така, во рамките на Европската унија, односно земјите кои се членки на Европската унија во своите законски рамки ги имаат хармонизирано Директивите на Европската унија кои се однесуваат на експлозивните материи. Станува збор за Директивите 93/15/ЕЕС¹⁸⁸, со кои се регулираат обврските на државите во однос на експлозивните материи, како што се физичката и хемиската стабилност на експлозивните материи, осетливоста на триење и удар, хемиската чистота, отпорноста на влијание на вода и влага, отпорноста на високи и ниски температури, безбедно ракување, складирање, превезување итн.

¹⁸⁸ eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:31993L0015, преземено на ден 05.09.2016 година.

V ДЕЛ

КРИМИНАЛИСТИЧКА ФОРЕНЗИКА И АНАЛИЗА НА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ

1. КРИМИНАЛИСТИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА КРИМИНАЛЕН НАСТАН ПРЕДИЗВИКАН СО ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ

Пред да се започне со криминалистичко истражување на криминален настан, од голема важност е утврдувањето на криминалистичките карактеристики на кривичните дела поврзани со експлозии и експлозивни материи.

Криминалистичките карактеристики на кривичните дела ја одредуваат специфичноста на борбата на научно – теоретски и практичен план против криминалитетот за конкретниот вид на кривични дела, односно ги одредуваат правците и основните теоретски поставки, како и криминалистичките средства и методи на секоја посебна криминалистичка методика за откривање, докажување, разјаснување и спречување на овој тип на криминалитет.

Криминалистички карактеристики на овој вид на кривични дела се следните:

- начин на извршување и прикривање на кривичното дело,
- криминалната ситуација,
- трагите на кривичното дело,
- проучување на личноста на сторителот на кривичното дело,
- проучување на личноста на жртвата на кривичното дело.

Информации за извршен конкретен кривично – правен настан се добиваат на повеќе начини и тоа:

- преку непосредно забележување на оперативните работници при пристигнување на лице местото,
- преку распрашување, непосредно после настанот и покасно на сите други места каде што можат да се пронајдат такви лица,
- преку објавување и повик преку средствата за јавно информирање,
- преку самопријавување,
- преку пријави од граѓани, оштетени, соучесници, соизвршители, со анонимна и псевдонимна пријава,

- преку државните органи и јавните институции,
- преку повремено следење на сомнителни лица, местото на настанот и други објекти каде што е извршено кривично дело, каде се собираат или одржуваат состаноци и договори на сомнителни лица,
- преку поседување на идентификувани предмети и средства кои потекнуваат од извршеното кривично дело,
- преку користење на оперативни методи и средства,
- преку информатори, соработници и сл.

До индиции се доаѓа на повеќе начини преку:

- обавување (извршување) на разговори,
- со следење и примена на други оперативни – тактички мерки,
- увид на местото на настанот,
- преглед на телото и облеката на осомничениот,
- истражен експеримент,
- со претрес на стан, слободен простор и лица,
- вештачење,
- испрашување на сведок, осомничен и други начини.

Информативниот разговор претставува оперативна – тактичка мерка каде што преку сознанија кои може да ни ги предочи поименично одредено лице, се добиваат податоци за конкретен кривично – правен настан, можен сторител, можни сведоци, *corroga delicti* и други и други важни елементи на тој настан со цел негово расветлување, обезбедување докази и соодветно кривично – правно одредување. Оваа мерка има своја законска основа во Законот за кривична постапка на Република Македонија, во членот 142, каде што самиот разговор претставува дејствие од неформална природа, без процесна вредност, но е доста значаен за последователноста на постапката и влијае на нејзиниот исход.

Целта на водењето на информативниот разговор е добивање на што повеќе правно релевантни факти, непосредни докази и индиции.

За разговор се бараат и пронаоѓаат сите лица кои:

- биле присутни на лице местото пред, за време и после извршување на делото,
- сите кои би имале мотив за извршување на делото,
- оние кои имаат телесни својства како и сторителот,
- поседуваат исти знаења и вештини,
- имаат слични карактерни особини,

- поседуваат познавање на околности кои се познати на сторителот,
- поседуваат средства и предмети за извршување на делото,
- ги уживаат балгодетите од кривичното дело,
- се забележува физичкото дејство на кривичното дело на нив,
- се забележува психичкото дејство на кривичното дело на нив,
- евидентирани се во МОС (modus operandi) евиденцијата и др.

Компоненти на разговорот се следни:

- зборови, односно што е кажано,
- вокали, односно како е кажано, вклучувајќи ја брзината на кажувањето и тонот со кој е кажано,
- говор на телото.

Криминална ситуација претставува севкупноста на сите околности под кои е извршено конкретно кривично дело, од моментот на подготвување и сè до настанување на општествено опасната последица. Под овој поим се подразбира амбиентот и условите во кои е сторено определено казниво дело. Станува збор за географски, социјални, климатски, атмосферски и други околности и услови на местото на настанот.

Криминалистот пред одлучување во врска со определен случај врши проценка на ситуацијата, што значи, трансформирање на фондот на податоци во правно засновани и целисообразни решенија.

Проценката на ситуацијата е предуслов без кој криминалистот не може и не смее да донесува никаква одлука.

Резултатот од проценувањето во голема мерка зависи од обемот на расположивите сознанија и податоци како и од сложеноста на ситуацијата и задачата.

Погрешната проценка, во најчест случај, е последица на избрзани или однапред донесени одлуки кои според логиката на нештата водат во манипулација, па и во предрасуди.

Трагите кај кривичното дело можат да бидат:

- материјални,
- нематеријални – „идеални“.

Начинот на пронаоѓање на трагите помага во „профилирањето“ на личноста, местото, средствата со кои е извршено кривичното дело. Суштината на овој метод се состои во групирање, елаборирање и составување на мноштво податоци добиени од

увид и од други преземени дејствија. „Профилот“ се добива преку следните постапки и дејствија:

- проценка на жртвата на делото, проценка на местото на настанот, посебните обележја и карактеристики на делото, проценка по пат на аналогија или тоа е т.н. индиректна криминалистичка идентификација,

- проучување на личноста на сторителот на кривичното дело е обработувана од криминолошки, криминалистичко – психолошки аспекти преку повеќе теории: антрополошки, антрополошко – биолошки, биолошки, психолошки, биопсихолошки, биосоциолошки, психоаналитички, социолошки, интегративни и др.

Во однос на проучувањето на личноста на сторителот, Пинателовата теорија се занимава со криминолошко – клинички истражувања, која го опфаќа централно јадро на структурата на личноста со особините: егоизам, психолошка лабилност, агресивност и афективна рамнодушност.

- егоизмот е тенденција на личноста да присвојува предмети, настани, дела, вредности, добра и сл. За себе сторителот се претставува како „центар на светот“,

- лабилност е својство да и при најмал психички стрес се западне во големо психичко растројство и брзо реагира на надворешните ситуации,

- агесијата претставува однесување кое се карактеризира со напад, оштетување, односно предизвикување на штета,

- афективната рамнодушност претставува морална нечувствителност, рамнодушност кон последиците од извршеното кривично дело.

Криминална (престапничка) персеверација претставува криминалистичко – криминолошки израз под кој се подразбира настојувањето на криминалецот при извршувањето на кривичните дела да се придржува кон иста техника на сторување. Тој манифестира истоветни карактеристики при извршувањето на кривични дела по кои еден сторител е препознатлив (според стилот, *modus operandi*, шемата). Денес поради широкиот фронт на варијации во начинот на извршување се потешко држат објаснувањата за персеверацијата и затоа таа не може да биде клучниот елемент на системот *modus operandi*. Би било сосема погрешно да се игнорира овој метод на истражување.

Проучување на личноста на жртвата и придонесот да се изврши делото. Жртва е секое физичко или правно лице чии добра, вредности, права или интереси биле непосредно загрозени, оштетени или уништени со криминалното поведение како и субјектите кои се посредно оштетени со казненото дело без разлика дали се тоа

конкретни лица (членови на семејство на убиено или повредено лице) или апстрактни жртви (жртви на т.н. кривични дела без жртви).

Криминалистичката феноменологија претставува подсистем на криминалистичката тактика во чии рамки се собираат, проучуваат и систематизираат:

- појавните облици на криминалитетот (криминална морфологија),
- техниката на извршување, карактеристиките на методите на извршување на кривичните дела (делинквентска техника и тактика),
- карактеристиките на делинквентот како личност, начин на живот, животен стил, однесување и поведение, навики, склоности,
- појавни облици на казнените дела во поглед на видот на делата, начинот на извршување, т.е. типологија на кривичните дела.

Сознанијата на криминалистичката феноменологија претставуваат патоказ за истражување во областа на тактиката и техниката, директна основа за распоредување, класификација на казнените дела и за конструирање на методски модели. Феноменологијата се потпира на криминалистичката статистика.

Криминалистичкото истражување на криминален настан е во надлежност на Министерството за внатрешни работи на Република Македонија, во согласност со Законот за кривична постапка и Законот за внатрешни работи. Бидејќи станува збор за криминален настан, кој според својата феноменологија е предизвикан со експлозии и експлозивни материи, во Кривичниот законик на Република Македонија овие дела се систематизирани во неколку глави и тоа:

- Глава XXVI – кривични дела против општата сигурност на луѓето и имотот,
- Глава XXVII – кривични дела против безбедноста на јавниот сообраќај,
- Глава XXVIII – кривични дела против државата,
- Глава XXXIII – кривични дела против јавниот ред.

Ова подразбира дека во процесот на криминалистичко истражување се вклучуваат и оперативни работници од **Одделот за организиран насилан криминалитет**, додека самиот процес на криминалистичко истражување во согласност со Законот за кривична постапка е во надлежност и координација со Јавното обвинителство.

Криминалистичкото истражување на криминалниот настан поврзан со експлозии и експлозивни материи започнува по добивањето на првични информации за стореното кривично дело или оперативните информации за подготовка и организација на група сторители или поединечен сторител за извршување на кривично дело или

подготовка на серија криминални активности. Криминалистичкото истражување има за цел да утврди дали станува збор за несреќен случај или кривично дело, бидејќи не секогаш криминалниот настан може да настане како резултат на постоење на намера за сторување на кривично дело.

Криминалистичкото истражување започнува од моментот на добивање на првичните информации, а тие можат да се добијат преку:

- Пријава од оштетен, изготвен записник за примање на кривична пријава во полициска станица потпишан од пријавувачот и службеното лице кое ја примило пријавата,

- Пријава по телефон од што е изготвена службена белешка за примена пријава,

- Анонимна пријава во полициска станица во дежурна служба,

- Пријава од установа која има законска обврска за пријавување на кривични дела за кои има дознаено во вршењето на службени задачи (на пр. Територијалните противпожарни единици во Република Македонија),

- Оперативни информации од страна на полициски службеници кои во вршењето на работите и работните задачи обезбедиле сознанија за сторено кривично дело или кривично дело во подготовка и сл.

По добивањето на првичните сознанија и првичните проверки (излегување на местото на криминалниот настан), полицијата е должна да го извести јавниот обвинител и во координација да се преземаат одредени мерки и дејствија во предистражната постапка заради откривање на делото, расветлување на криминалниот случај, идентификација и обезбедување на сторителот или сторителите и постапка за обезбедување на доказен материјал и понатамошни вештачења.

Министерството за внатрешни работи е должно на јавниот обвинител веднаш, со самото пријавување, да му ги достават документите, доказниот материјал, како и сите информации до кои дошле при откривањето на сите кривични дела и нивните сторители.

Криминалистичкото истражување може да започне и да тргне:

- Од потенцијалниот или познат сторител, од криминогените жаришта и фактори, од криминогената и патогената средина и

- Од кривичното дело кон непознат сторител.¹⁸⁹

¹⁸⁹ Водинелиќ В., „Криминалистичка тактика I“, Скопје, 1995, стр. 52.

Процесот на криминалистичко истражување е поврзан со добивање на почетните оперативни информации. Тактичкото криминалистичко истражување претставува проучување на неодамнешните криминални инциденти и потенцијалните кривични активности преку испитување на карактеристиките како, кога и каде се случила активоста за да се помогне во развивањето шема, да се води истрага, да се идентификува осомничен и да се затвори случајот.¹⁹⁰

Според Законот за кривична постапка и Законот за Јавно обвинителство, јавниот обвинител ја има централната улога во истражната постапка во однос на организацијата и координацијата на надлежните државни органи и институции. Покрај централната улога на јавниот обвинител во предистражната постапка и истрагата, тој активно учествува како рамноправна странка во кривичната постапка како гонител на сторителите на кривични дела и има одговорност за обезбедување на квалитетни докази, затоа што на располагање ги има стручноста и услугите на сите државни органи и институции кои што можат да помогнат во процесот на обезбедување на релевантни и квалитетни докази.

Јавното обвинителство има основно право и должност да ги гони сторителите на кривични дела по службена должност, истиот презема потребни мерки за откривање на кривичните дела и пронаоѓање и гонење на сторителите на кривични дела.

Јавниот обвинител поведува и посебни постапки и учествува во нив кога тоа е пропишано со посебен закон.

Јавниот обвинител за прашања од значење за остварувањето на функцијата на гонење на криминален настан предизвикан со експлозии и експлозивни материи, како и за прашања на откривање на кривични дела и нивните сторители ја раководи соработката и ги координира дејствата со другите државни органи и правни лица. За кривични дела за кои се гони по службена должност јавниот обвинител ја раководи и координира работата на овластените службени лица во Министерството за внатрешни работи и во другите надлежни државни органи за преземање потребни мерки за пронаоѓање на сторителот на кривичното дело, сторителот или соучесникот да не скрие или избега, да се откријат и обезбедат трагите од кривичното дело и предметите што можат да послужат како доказ.

Во однос на примената на посебните истражни мерки, судот може да нареди преземање на истите кога постојат основи на сомневање дека се подготвува, во тек е

¹⁹⁰ Рејчел Б., „Криминалистичко истражување, мапирање на криминалот“, Нампрес, Скопје, 2010, стр. 63.

извршување или е сторено кривично дело за кое е пропишана казна затвор од најмалку 4 години, како и за кривични дела за кои постојат основи на сомневање дека се подготвуваат, во тек е извршување или е сторено кривично дело од страна на организирана група, банда или друго злосторничко здружение, заради обезбедување на податоци и докази неопходни за успешно водење на кривичната постапка, кои на друг начин не можат да се обезбедат или нивното обезбедување би било сврзано со поголеми тешкотии.

Најнискиот степен на сомнение е општото сомнение и претставува повод за поведување на криминалистичка контрола, како облик на криминалистичка дејност што се состои од систем од оперативно – тактички мерки и дејствија кои се преземаат за спречување на криминалитетот како масовна појава, со помош на следење и оперативно покривање на криминогените пунктови, објекти и жаришта, а се врши и надзор над лица за кои постои само општо (неконкретно) сомнение дека би можеле да се оддадат на сомнителна и криминална активност, при што не се располага со индикации за обемот и видот на одредено кривично дело.

Според Водинелиќ¹⁹¹, оперативната дејност претставува систем од непроцесни криминалистички методи, начини и средства што се протегаат во криминалистичката контрола и во криминалистичката обработка како две етапи од ваквата дејност која е во надлежност на полицијата.

Постапката за криминалистичко истражување започнува со првичните сознанија – информации (податоци) за криминалната активност, почетоците на сомневање прераснуваат во процес на трагање по сомневањето.

Сомневањето ја чини суштината на предистражната постапка. Сомневањето претставува поврзување што во развојот на криминалистичката обработка и на кривичната постапка може да доведе до осознавање на познатото.

Иницијалните основи на сомневање ја имаат задачата за поведување на предистражната постапка, која има за цел пронаоѓање и обезбедување на целокупниот доказен материјал. Самата предистражна постапка претставува правно регулирано и научно прифатливо откривање на кривичното дело и неговиот сторител, а има за задача да ги поткрепи основите на сомневање дека станува збор за кривично дело или дека одредено лице е сторител на кривично дело.

¹⁹¹ Водинелиќ В., „Криминалистика – откривање и докажување“, I том, Скопје, 1985, стр. 383.

За фактите и околностите што се утврдени при преземањето на одделни дејствија кои можат да бидат од интерес за кривичната постапка, како и за предметите што се пронајдени или се одземени треба да се состави записник. Право и должност на јавниот обвинител е постојана контрола врз полицијата при спроведување на овие дејства. Овие мерки може и сам да ги спроведува јавниот обвинител.

Предистражната постапка е под раководство на јавниот обвинител. Тој мора да ја почитува законската процедура при преземањето на законски предвидените мерки и дејствија, како што се повикување, кое се врши со писмена покана на која се наведени причините за повикувањето и поука за правото на бранител, правото на молчење, правото на користење на јазикот што го разбира итн. Разговорот со повиканото лице не смее да трае подолго од 4 часа.

Доколку лицето се повикува во својство на осомничен од страна на полицијата, веднаш се известува јавниот обвинител. Осомничен е лицето против кое се води претходна постапка, која претставува предворје на кривичната постапка и има за цел обезбедување докази за сторителот на кривичното дело и други докази и траги кои ги поврзуваат сторителите со конкретните од нив извршени кривични дела.

Врз основа на собраните сознанија правосудната полиција составува кривична пријава за извршените дејствија во која ги наведува и доказите што ги дознала. Со пријавата се доставуваат и предмети, скици, фотографии, списи за преземените дејствија, службени белешки, изјави и друг материјал што може да биде корисен за водење на постапката.

Откривањето на делото не значи и негово разјаснување, тоа упатува на процес на разјаснување (расветлување) кој е синоним на утврдувањето, односно да се потврди тоа што е откриено со доказни факти. Да се разјасни (расветли) кривичен настан кој е настанат со експлозија и експлозивни материи значи целосно да се објасни, да се протолкува, да се истражи, односно да се утврди, да се одреди, да се докаже самиот настан.

Трагите и предметите што настанале со извршувањето на кривичното дело претставуваат носители на криминалистичките информации.

Криминалистичката информација може да се содржи во повеќе доказни материјали (сигнали), а вештина на оперативниот службеник е обезбедените доказни материјали да бидат да бидат вистински носители на информациите во содржина и форма да се оневозможи понатамошно намерно или ненамерно променување на содржината на информацијата од веќе обезбедените доказни материјали.

Кај овој вид на кривичен настан оперативниот работник мора да ги земе во предвид не само видливите, очигледни доказни материјали, тој мора плански и систематски да трага и да открива потенцијални и латентни доказни материјали и информации. За таа цел оперативниот службеник треба да создава хеурстички верзии за можни извори на потенцијалните и латентни информации и во нивни рамки да планира преземање на откривачки оперативно – тактички мерки и истражни дејствија и посебни истражни мерки.

Криминалистичката информација во откривачкиот систем има ретроспективна (мисловна и стварна реконструкција на кривичниот настан), перспективна (планирање на преткривична и кривична постапка) и оперативно – управувачка функција (создавање алгоритми и преземање на оперативно – тактички и истражни дејствија).

Според Николоска С.¹⁹² во првата почетна фаза на криминалистичкото истражување се преземаат оперативни мерки од страна на овластените оперативни работници преку кои доаѓаат до сознанија за извршени кривични дела или дека одредени лица се сторители на кривични дела од дадена област, во конкретниот случај настанати со експлозии и експлозивни материи. Како основни начини, средства и методи за добивање на сознанијата се истакнуваат: соработката со граѓаните, користењето на легални извори, методот на аналогија, акциите, личните забележувања и сл. Во оваа фаза се прибираат информации и се врши нивна проверка во насока на утврдување на:

- факторите кои ги условуваат криминалните појави,
- материјалните последици од кривичното дело и
- криминалната реализација.

Криминалистичкото истражување е процес или систем кој треба да се применува при истражувањето на криминалните ситуации преку примена на мерки и дејствија и еден континуиран и поврзан процес на дејствување и координација помеѓу оперативните и истражните органи заради целосно расветлување на криминалните случаи со обезбедување на релевантен доказен материјал обезбеден преку законски постапки и процедури според „анализа на случај“ методот на истражување на криминалниот случај во целост, со расветлување и докажување на сите извршени кривични дела, кои се сторителите и нивната поврзаност и одговорност за конкретните сторени криминални поведенија и нивната криминална улога во криминалниот случај.

¹⁹² Николоска С.С., „Методика на истражување на опит криминалитет“, Факултет за безбедност – Скопје, 2015 година, стр. 44.

Во постапката на оперативното планирање за откривање, разјаснување, докажување и превенција на овој криминалитет, полицијата во планот предвидува можни верзии на извршувањето, но и можни верзии на прикривањето на криминалитетот. Целта на постоење верзии е да се дојде до вистинитоста и веродостојноста на настанот. На тој начин верзијата не заштитува од едностраност и заблуди.

Во криминалистичка смисла, верзијата претставува претпоставка за еден настан што се случил во минатото и за начинот на кој се случил. Верзијата тргнува од определени познати и претпоставени факти, но таму недостасуваат многу елементи за да се утврди дека тој настан со сигурност се случил. Таа се темели врз определени индикации – траги и слично. Криминалистичката верзија е образложена претпоставка во поглед на поединечни факти или групи на факти, кои имаат или можат да имаат значење за кривичниот настан, укажувајќи на постоење и објаснувајќи го потеклото на тие факти, нивните меѓусебни врски и содржина и служејќи им на целите за утврдување на објективната вистина.

Верзијата претставува една од повеќето поставени претпоставки, која, на ниво на веројатност, го објаснува настанувањето, својствата, меѓусебните врски и односи, содржината и значењето на кривичниот предмет на одделните околности од кривичниот настан или самиот тој во целина, заради утврдување на објективната вистина.

Преку планирањето, како динамична дејност, се приближуваме до сигурноста за докажување на криминалниот настан.

Криминалните информации, поврзани со секоја поединечна криминална ситуација, всушност, се информации кои даваат одговор на деветте златни криминалистички прашања:

1. Што (се случило)?
2. Кој (го извршил кривичното дело)?
3. Кога (е извршено)?
4. Каде (е извршено)?
5. Како (е извршено)?
6. Со што (е извршено)?
7. Со кого (е извршено)?
8. Кој или со што (е оштетен)?
9. Зошто (е извршено)?

Целокупниот откривачки процес, а посебно процесот на разјаснување, е проследен со сомневање. Сомневањето доведува до резултати во преткривичната постапка и претставува златен мост што доведува до сознанија за извесното.

Оперативното работење на полициските службеници, засновано на планирање и стручно и координирано настапување, најчесто е иницирано од иницијалните основи на првичните информации, основи на сомневање, кои во понатамошната постапка на ориентационо – елиминациски индиции го зголемуваат степенот на сомневање, што е и целта на предистражната постапка. Сомневањето претставува нужен методски принцип за осознавањето, претставува непомирување со изгледот на нештата и без него нема предистражна постапка. Сомневањето не може да биде параноично и тотално, треба да биде продуктивно и тогаш кога се укинува самото себеси на повисок степен, претворајќи се во целосно и сигурно знаење за кривичното дело и сторителот. Сомневањето е само дел од судското спознавање и воопшто негова суштина, но затоа ја чини суштината на предистражната постапка. Сомневањето претставува златен мост што во развојот на криминалистичката обработка и на кривичната постапка може да доведе до осознавање на познатото (судската вистина).

Во системот на истражување постојат четири потсистеми:¹⁹³

1. Идеално – материјален потсистем, кој ја претставува личноста на сторителот (сторителите) на кривичниот настан, а во овој потсистем се информациите за: идентитетот, карактерот, моралната подобност, мотивот, волјата, сомнителното однесување, професијата, психофизичките и интелектуалните способности, знаења, способности, вештини, навики и сл.

2. Самото место (местото на подготвување, извршување, криење на сторителот, криење на предметите, пронаоѓање на трагите и предметите и сл.), со трагите и предметите од кривичниот настан – присутност на местото на кривичниот настан, информации за тактиката, техниката, подготвувањето, извршувањето, преземаните дејства за прикривање на криминалната активност и сл.

3. Елементите (сигналите) кои извираат од самото место, односно од кривичниот настан и одат кон сторителот и обратно, што, всушност, се трагите кои сторителот ги оставил на местото на настанот, учеството во делото, ползата од делото (материјалните последици од кривичниот настан), сомнителното однесување, лошото оправдување (контрадикторност во исказите, лажното алиби и сл).

¹⁹³ Водинелиќ В., „Криминалистичка тактика I“, Скопје, 1995, стр. 198 – 203.

4. Сведоците и вештаците, кои ги дешифрираат одделните елементи на кривичниот настан врз преостанатите предмети и траги – идеални и материјални.

Елементите на наведените потсистеми вршат важна функција при откривањето и разјаснувањето на кривичниот настан, а некои од нив се појавуваат истовремено во повеќе потсистеми. Заемното дејствување се врши помеѓу субјектите и објектите, а најтесно е поврзувањето со актот на извршувањето на кривичното дело, но и со сторителот, така што е неопходно да се утврди не само односот објект – објект, туку и односот објект – субјект. Резултатот на тоа заемно влијание се покажува како динамичен модел во кој оперативните и доказните информации се дополнуваат, се проверуваат и се оценуваат. Сите оперативно – тактички мерки и истражните дејствија настојуваат да ја пронајдат, да ја откријат и да ја разјаснат структурата на кривичниот настан во просторот и во времето, што значи да ги утврдат елементите од таа структура во нивниот меѓусебен однос, како и во однос на надворешните услови, а разјаснувајќи ги причинските и другите врски во динамиката на кривичниот настан, да пронајдат оперативни и доказни информации што ја одразуваат неговата структура и претставуваат докази за решавање на кривичниот предмет. Под откривање на кривичното дело се подразбира **установување** на фактичките околности што се битни за решавање на случајот, како и на лицето што го извршило кривичното дело. Важен составен дел на откривањето на кривичните дела е нивното пронаоѓање, што подразбира обелоденување на прикриените кривични дела, како и констатирање на белезите на криминалното во истражуваните настани.

Соработката на оперативните службеници со граѓаните може да биде на ниво на добивање информации од воспоставената оперативна мрежа на информатори и соработници во зависност од степенот и начинот на воспоставената соработка помеѓу граѓаните и оперативниот службеник. Овој начин на соработка е наједноставен, но истовремено и контроверзен, деликатен и суптилен извор на информации. Без негово користење, практично, не е можно откривање, разјаснување и превенирање на одредени видови кривични дела, со оглед на тоа што се немоќни другите начини на дознавање за подготвување или постоење на кривично дело, исто како и најсовремените технички средства и помагала. Затоа информаторот е неизбежно средство на криминалистичко работење, кој има големо значење во репресивното и превентивното спречување на криминалитетот.

Под поимот информатор се подразбира физичко лице кое на оперативните службеници систематски, повремено или постојано и на дискретен начин им пружа

криминалистичко – релевантни информации за конкретни криминални однесувања, како и за сторителите на таквите општествено – штетни однесувања. Најзначаен елемент за дефинирање на информаторот е тајноста.

Стручниот информатор на некој начин претставува стручен консултант на оперативецот, кој секогаш не може да биде во тек со сите случувања, бидејќи често има промена на законските прописи, така што истото му е познато на информаторот од неговата област по професија, стручност или објект.

Втора фаза на криминалистичко истражување е криминалистичка обработка, која претставува систем од сите оперативно – тактички мерки насочени кон тоа да се открие и да се утврди конкретно кривично дело, да се открие и утврди одреден сторител на кривично дело и да се поведе кон кривичен прогон. И кај криминалистичката контрола и кај криминалистичката обработка се применуваат истите оперативно – тактички мерки, но во вториот стадиум од предистражната постапка, оперативниот службеник има одредени конкретни сознанија за конкретно кривично дело, сторител или за предмети како доказни материјали за одредено криминално однесување. Во рамките на криминалистичката обработка се преземаат и одредени истражни дејства, а сега се применуваат и посебните истражни мерки. При нивната примена се прават најразлични прости и сложени оперативни комбинации од комбинирање на само оперативно – тактички мерки до комбинирање на истражни дејствија и посебни истражни мерки.

Криминалистичко – тактичкото ниво на процесот на откривање во криминалистичката обработка како повисок и последен стадиум на оперативната дејност, го достигнува својот врв во создавањето сплет од меѓусебно поврзани материјални, морални и психолошки индиции кои се издигнуваат од степен на „основи на сомневање“ до степен на „основано сомневање“ за конкретно кривично дело извршено од конкретен сторител против кого се иницира поведување на кривична постапка, што значи дека криминалистичката обработка, како завршен дел на оперативната дејност, се преточува во истражна дејност.

Главна разлика помеѓу криминалистичката контрола и криминалистичката обработка е во формата и содржината на „сомневањето“. Криминалистичката обработка е повисока и посложена фаза на предистражната постапка, на која главно и претходи криминалистичката контрола, што не е услов.

Криминалистичката обработка како планирана и насочена оперативна дејност тргнува од одреден криминален случај или повеќе случаи, сè со цел

криминалистички да се утврди преку прибирање факти и податоци кои имаат значење на доказни информации.

Според сфаќањето: „Дали постои однос помеѓу сторителот и криминалниот случај, односно да утврди дали одредената претпоставена каузалност е оправдана“, во тој случај доказ во материјална смисла е секоја доказна основа или причина содржана во одредено доказно средство кое зборува за вистинитоста на некој факт во кривичната постапка. Фактите кои треба да се докажуваат се нарекуваат предмет на доказите (*thema probandi*), факти кои се веќе утврдени и од кои се изведува заклучок за вистинитоста на фактите кои треба да се докажуваат се нарекуваат доказна основа (*argumenta, probantiones*), а изворите од кои се добиваат доказните основи се нарекуваат доказни средства (*media probandi, instrumenta*).

Според сфаќањето: „Материјалниот доказ е оставање на лична карта на сторителот при идентификација на неговата криминална активност“, тогаш карактеристика на ова сфаќање е дека доказот во кривичната постапка не е ни само доказен извор (сведок, осомничен, вештак, материјален доказ), ниту само информација, туку е единство на доказните извори и доказните факти.

Исто така, доказ во кривичната постапка претставува извор на информации за фактите што се утврдуваат во кривичната постапка, со кои органот што ги утврдува фактите се служи во случаите кога не е во можност со сопствено забележување да ги утврди, а изворите на информации се состојат во известување за фактите што непосредно ги утврдил органот што постапувал во конкретниот случај или се тоа фотографии направени од органот во чија надлежност е фотографирањето, скицирањето и сл.

Покрај материјалните докази, постојат и многубројни идеални докази што се врежани во свеста кај лицата кои на некој начин се поврзани со криминалната активност, како што е директно учество во криминалниот настан, сведоци на криминалниот настан, но овие докази посебно се истакнуваат кај вештачењата каде што доаѓа до израз стручноста, професионалноста на вештакот кој од многубројните материјални докази треба да создаде мозаик за настанот врз основа на неговото стручно знаење, професионалноста и расположливиот доказен материјал. Законодавецот поголемо значење придава на материјалните докази во однос на идеалните, кои како такви најчесто се применуваат во предистражната постапка и имаат насочувачки карактер за идентификување и обезбедување на материјалните докази.

2. КРИМИНАЛИСТИЧКА ТЕХНИКА – ФОРЕНЗИКА

При истражувањето на експлозиите и експлозивните материи постојат одредени теоретски претпоставки, кои се појдовна основа кога станува збор за расветлување на одреден кривично – правен настан. За да можат теоретските претпоставки да се потврдат или отфрлат, неопходно е трагите дополнително лабораториски да се испитаат.

Криминалистичката техника или Форензика, која како дел од Криминалистиката ја има најголемата одговорност во расветлувањето и докажувањето на кривичните дела, особено што достигнувањата во науката, техниката и технологијата се исклучителни, а тоа дава охрабрување дека ниту едно кривично дело не претставува енигма.

Во криминалистичката техника работат експерти чија специјалност е испитување на огнено оружје, експлозивни материи и направи кои предизвикуваат експлозија, а тоа значи дека во криминалистичките лаборатории се испитуваат примероците. Се испитуваат и парчиња облека и други предмети при откривање на остатоци и наоѓање на приближната раздалеченост од целта кон која се дејствува.

Во однос на експлозивните материи, вештаците од таа област вршат испитувања на хемиските својства на експлозивните полнења, како што се неговата постојаност, настанување на промените при одредена хемиска реакција, убиствената моќ, особено на воените експлозивни материи, а при тоа неисклучувајќи ги и стопанските.

Форензиката започнува на местото на настанот. Најважно е да се обезбеди и изолира местото на кривично – правниот настан. Првиот полицаец кој пристигнува на местото на настанот е одговорен за зачувување и заштита на областа што е можно повеќе. Приоритет се дава и на медицинската помош на лицата на кои им е потребна, како и на апсење на сторителот доколку е затекнат на самото место. Обезбедувањето на лице местото е потребно заради сочувување на материјалните докази.

Штом се обезбеди местото, се одредува периметар и се започнува со проценка на областа. Секогаш најнапред се става акцент на очигледните предметите кои се појавуваат како докази, а потоа се преминува на латентните траги, кои мора да се бараат со големо внимание за да не се уништат или бидат неупотребливи.

Снимањето на местото претставува корисна метода заради запазување на оригиналноста на местото на настанот. Може да се случи да некои од материјалните

докази, нивната местоположба не биде земена во предвид, а во текот на процесот да биде клучен за самиот материјален доказ.

Фотографијата, скиците и забелешките претставуваат трите методи на фиксирањето на местото на настанот.

Најважен предуслов за фотографирање на местото на настанот е тоа да не биде променето. Освен ако има повредени луѓе, предметите не смеат да се преместат сè додека не се фотографираат од сите можни агли. Доколку предметите се отстранат или им се промени местоположбата, или се додадат други предмети, таквите фотографии нема да бидат земени во предвид како материјални докази на суд, што значи нивната доказна вредност е изгубена. Ако доказите се преместат или се отстранат пред да се фотографираат, овој факт треба да се забележи во записникот заради кои причини тоа е направено. Доказите не треба повторно да се враќаат на местото со цел истите да се фотографираат.

Местото каде што е извршен настанот треба да се фотографира што е можно поцелосно. Во тоа спаѓа и фотографирање на сите области каде што настанале важни дејства пред или по неговото сторување.

Детектираните предмети како материјални докази се фотографираат на начин на кој се покажува нивната позиција и просторната поставеност во однос на целото место на настанот.

Употребата на видео запис на местото на настанот станува сè попопуларно, од причина што со него можат да се добие не само слика, туку и звучен запис кој може да се искористи во доказната постапка.

Јавниот обвинител кој го обработува местото на настанот, задолжително мора да го скицира истото. Тоа го прави криминалистичкиот техничар. Скицираното мора да биде во сооднос со фактичката состојба на лице местото. Таквата скица се нарекува кроки скица која содржи точно отсликување на димензиите на местото на настанот и прикажување на локацијата на сите предмети кои имаат свој удел во кривично – правниот настан. Предметите се фиксираат на цртежот со далечински мерења од две фиксни точки. Растојанијата кои се прикажуваат на цртежот мора да бидат прецизни и не смеат да бидат впишани од проценка. Затоа, сите мерења се прават со мерна лента. Наједноставен начин на означување на предмет на скицата е истиот да се обележи со број или буква, при што мора да има легенда под скицата што означува конкретната бројка или буква. На скицата треба да се обележи и северната страна на светот во однос на местото на настанот.

Кроки скицата всушност претставува груб цртеж на местото на настанот, а потоа се изработува скица со соодветен размер.

Доколку условите овозможуваат, скицата на местото на настанот би можела да се изработи како компјутерска скица во лабораториски услови. Тоа би можело понатаму да се искористи како база на криминалистички податоци за извршени кривично – правни настани, кои даваат одговор на многу прашања поврзани со истите, како што се: начин на извршување, средства со кои е извршен, целна група итн. Тоа, пак, во однос на меѓународната соработка би значело размена на информации за успешно спротивставување на овој вид на криминална активност.

Пребарувањето на материјалните докази на местото на настанот е темелно и систематски. Тоа значи дека не смее да се дозволи некој важен факт да не биде земен во предвид, бидејќи во понатамошната истрага може да дојде до погрешно толкување на доказите и насочување во сосема спротивен правец.

Обезбедувањето на докази од лице местото се овозможува на тој начин што истите мора да бидат пакувани во соодветна опрема и транспортирани на соодветен начин со цел да не дојде до морфолошка промена на предметите. До промена на предметите вообичаено доаѓа преку контаминација, кршење, испарување, случајно гребење или превиткување или загуба преку невнимателно и неправилно пакување.

Интегритетот на доказите најдобро се одржува кога предметите во оригинална состојба како што се пронајдени на местото на настанот. Често пати експлозивните материи се наоѓаат измешани со останати примеси, како што е песок, нафтени деривати, цврсти материи на кои се наталожени експлозивните материи.

Секој различен предмет или слични предмети собрани на различни локации мора да се постават во засебен контејнер. Одделното пакување на доказите го спречува нивното оштетување преку контакт и ја спречува вкрстената контаминација¹⁹⁴.

Во случај на пожар предизвикан од експлозија, јагленисаните остатоци пронајдени на местото на настанот се затвораат во херметички затворен контејнер за да се спречи испарувањето на испарливите остатоци кои го предизвикале пожарот.

Во случај на експлозија, остатоците кои се пронајдени и нивното растојание говорат за силината на експлозијата, местото каде што била поставена, додека предметите кои имаат барутни честички укажуваат на видот на експлозивна материја која била користена за извршување на кривично дело.

¹⁹⁴ Сеиферстин Р., „Криминалистика – вовед во форензика“, превод на 500 стручни, научни книги, учебници, Табернакул, 2010 год., стр. 49.

Подметнатите експлозии и пожари кои настануваат како резултат на експлозија претставуваат тешка и сложена околност за истражување. Овие акти се извршуваат со детално планирање од страна на сторителите на кривичното дело, а поради големото оштетување кое настанува при овие процеси, многу тешко се докажуваат.

За таа цел, многу важно претставува утврдувањето на мотивот и модус операнди на сторителот на кривичното дело.

Криминалистичкиот техничар во овие случаи е делумно ограничен, бидејќи на местото на настанот се откриваат мали количини на средства со кои е сторено кривичното дело, како што се: бензин, керозин итн. Од големо значење претставува и пронаоѓањето на механизмите за детонирање на експлозиите, кои можат да не упатат на начинот на активирање на самите експлозии, како што се: електрично коло, уред за далечинско управување итн.

За да може да биде увидот успешен, кај предизвикувањето пожари како резултат на експлозија мора да се познаваат одредени процеси кои настануваат, а тоа е оксидацијата. При горење на одредени материи, како што се метанот, железото, хемиските реакции се различни.

При хемиските реакции се ослободува голема количина енергија, која претставува способност на вршење на работа, како што е: топлинска, електрична, механичка, нуклеарна, светлосна и хемиска.

Пребарувањето на местото на пожарот како резултат на експлозија се фокусира на местото каде што започнал пожарот. Предметите кои се наоѓаат во неговата околина се пакуваат како докази кои се транспортираат во криминалистичката лабораторија на понатамошно испитување. Гасната хроматографија претставува најверодостојниот инструмент за откривање и класифицирање на запаливите остатоци. Гасната хроматографија ги издвојува јаглевородите и создава хроматографски модел карактеристичен за одредени производи од петролеј.

Експлозија претставува хемиска или механичка активност која резултира со брзо ширење на гасови. Извршувањето на овој вид кривично дело претставува лесно за реализација бидејќи бомбите за подготовка на експлозија содржат многу вообичаени состојки кои можат да бидат лесно достапни. Тука спаѓаат: црниот барут, нитроглицерин, амониум нитрат, триацетон трипероксид, тринитротолуолот, камниктит итн. Дел од нив стануваат убиствени само доколку бидат активирани со помош на иницијална експлозија која може да биде: електрична енергија, безбедносен фитил, детонирачка жица. Карактеристично за детонирачката жица е што таа може да

се користи за поврзување на серија од експлозивни полнења при што тие можат да детонираат истовремено.

Најважен чекор во откривање и анализа на остатоците од експлозивната материја е собирањето на соодветни примероци на местото каде што е настаната експлозијата. Недетонираните остатоци од експлозивните материји речиси секогаш остануваат на местото на експлозијата. Според големината на кратерот се утврдува дали станува збор за слаба или силна експлозија. Остатоци од експлозивните материји можат да бидат лоцирани во дупката на тлото каде што е активирана експлозивната направа или на предметите кои се наоѓаат во непосредна близина на детонацијата. Сите факти кои се напоменати претходно претставуваат клучни во собирањето на доказите. Исто така, големо внимание се посветува на пронаоѓање на траги од детонирачки механизми. После строго одреден редослед на собирањето на остатоците од експлозијата, истите се носат на понатамошна обработка во криминалистичката лабораторија која е специјализирана за овој вид на испитувања.

За собирање на остатоци од експлозивни материји од сомнителни површини се користи уред познат како спектрометар кој служи за мерење на подвижноста на јоните. Кога се користи како алатка за испитување, со спектрометарот се откриваат голем број на експлозивни материји, како што се пластични експлозиви, комерцијални, односно стопански и воени експлозиви.

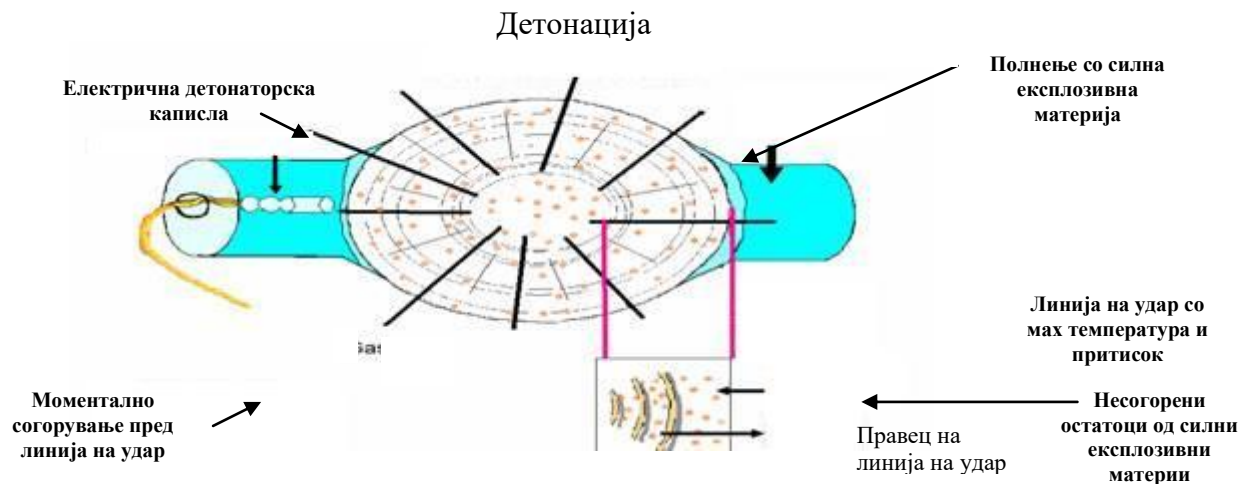
Бидејќи постои опасност за внесување на експлозивни материји од други и кон други земји за извршување на кривични дела, најчеста примена на спектрометрите е на аеродромските безбедносни контролни места.

Предметите од експлозивните остатоци кои пристигнуваат во криминалистичката лабораторија најнапред се прегледуваат микроскопски за да се откријат честичките на неискористена експлозивна материја. Потоа, собраните остатоци темелно се обработуваат со ацетон со цел брзо одделување на експлозивната материја од остатоците и понатамошно нивно испитување.

3. КАРАКТЕРИСТИКИ НА МЕСТОТО НА ЕКСПЛОЗИЈА – РЕАКЦИЈА НА ДЕТОНАЦИЈА

Реакција на детонација е дадена на сликата 1 и може да се дефинира како моментно согорување или распаѓање со брзина поголема од брзината на звукот.

Ефекти на експлозијата или детонацијата се: ударен ефект, фаза на зголемување на притисокот, ударен бран, фаза на намалување на притисокот, распрскувачки ефект, ефект на палење и радијациски ефект.



Сл. 1 Реакција на детонација

Детонацијата претставува процес на суперсонично, односно надзвучно слоевито простирање на фронтот на хемиските претворања низ експлозивните материји. Тоа претставува стационарна и најсовршена форма на експлозија. Брзината на детонација се појавува како константа и претставува една од најважните карактеристики на експлозивните материји.

Хемиското претворање на експлозивните материји при детонација безусловно го следи и движењето на средината, што е последица на разликите во специфичните волумени на неразложените експлозивни материји и продуктите на детонација при истиот притисок. Како што движењето на средината се врши во правец на движење на фронтот на детонацијата, така тоа влијае и на брзината на хемиско претворање.

Тоа значи дека детонацијата претставува не само хемиски, туку и хидродинамички процес, кој според истата теорија, преносот на детонацијата го условува со распространувањето на ударниот бран по експлозивната материја. Доколку амплитудата на фронтот на тој бран е поголема од одредени критични вредности, тогаш тој бран е способен за предизвикување на интензивна хемиска реакција, од која се ослободува енергија (топлина) која константно ги поддржува параметрите на бранот и механизмот на стационарност на целиот детонациски процес.

Како реакција на детонација, на местото на експлозија се случуваат бризантни форми на дејствување на експлозијата и рушечко дејствување на експлозијата.

Бризантното дејствување на експлозијата е она кое што се одвива во самиот центар и во непосредната близина на центарот на експлозијата. Тоа може да биде:

- дејствување на вжарените гасовити продукти,
- дејствување на многу силни ударни бранови кои се генерираат во средини со голема густина кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата (непосредно со експлозивната материја),
- дејствување на течењето на цврстите материјали кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата,
- рушечко дејствување на цврстите материјали кои се во самиот центар на експлозијата.

Рушечкото дејствување на експлозијата е последица на ширење на ударните бранови кои се предизвикани со нагла експанзија на гасовитите продукти на експлозијата и нивно потиснување во средината. Ширењето на ударниот бран, а со тоа и облиците на негово рушечко дејствување, во многу зависат од средината во која ударниот бран се простира. Тоа го овозможува анализата за дисипација на енергијата, која го овозможува секоја средина. Тоа значи дека рушечкото дејство зависи од вкупните губитоци на енергија, кои се неповратни.

3.1. Констатација по експлозијата – експлозивни ефекти

Механичката работа на експлозијата се изведува на сметка на потенцијалот на хемиската енергија која го поседува експлозивната материја.¹⁹⁵ Тој потенцијал преминува во механичка работа преку топлинската енергија. Преминот, односно претворањето се врши со одредени загуби. Тие загуби се:

- хемиски загуби, кои се јавуваат како резултат на секундарни хемиски реакции и при појава на радијално расфрлување на неизреагираната експлозивна материја при експлозијата. Овие загуби можат да изнесуваат и до неколку десетици проценти од вкупниот потенцијал на експлозивните материји.
- топлински загуби, кои се јавуваат кога со експанзијата на гасовите се врши некоја работа, тогаш дел од топлинската енергија се претвора во механичка работа, а

¹⁹⁵ Pleše M., *op. cit.*, str. 232. (1)

дел од топлинската енергија се губи. Тие загуби се или термодинамички, кои го опфаќаат остатокот од енергијата кој се наоѓа во продуктите на експлозијата и кои кај адијабатските ширења не се шират неограничено и не се ладат до апсолутна нула (т.н. идеални топлински загуби), или пак тие загуби на топлина настануваат при загревање на околината (промена на топлината во текот на ширењето). Вкупните топлински загуби можат да бидат и до 10%.

- загуби на механичката работа, каде што корисниот облик на работа (заради што експлозијата е извршена) често може да изнесува само неколку проценти од вкупниот потенцијал на експлозивните материи. Во реалноста, ширењето на гасовитите продукти на експлозијата е ограничено заради притисокот на околната средина и таквата работа, доколку се земе во предвид ширењето со услови на адијабатски и реверзибилен процес, се нарекува реална работа на експлозијата.

Односот на реалната работа на експлозијата и потенцијалната енергија на експлозивните материи се нарекува степен на искористување.¹⁹⁶

Постојат повеќе равенки со помош на кои може да се пресмета реалната работа на експлозијата преку механичкиот еквивалент на топлина на експлозивните материи, топлинскиот капацитет, волуменот, притисокот и температурата на гасовитите продукти кои експандираат, но сите тие, заради големиот број на непознати, имаат мала практична вредност.

Заради потешкотиите за пресметка на работната способност на експлозивните материи, многу често се пристапува кон експериментално одредување и споредба на вредностите на работната способност на експлозивните материи.

Во почетниот стадиум на процесот, брзината на движење на продуктите на експлозијата без малку е еднаков на брзината на ударниот бран, а подоцна таа опаѓа и заостанува позади ударниот бран, што доведува до одвојување на ударниот бран од продуктите на експлозијата. Гасовите на оддалеченост од центарот на експлозијата за 10 радиуси, полнењето на експлозивните материи експандира на атмосферски притисок. Според тоа, на помала оддалеченост основно дејство предизвикуваат продуктите на експлозијата, а на поголема оддалеченост од центарот на експлозијата тоа го прават ударните бранови.

Според тоа, дејството на експлозивните материи се дели (условно) на две основни групи:

¹⁹⁶ Pleše M., *op. cit.*, str. 232. (1)

1) Рушечко или фугасно дејство на експлозивните материи, што се јавува како последица на дејството на ударните бранови настанати со експлозијата, а големината на работата се одредува со вкупната количина на енергија на експлозијата;

2) Бризантно или разурнувачко дејство на експлозивните материи, кога работата се извршува непосредно во близина на површината на полнењето со експлозивна материја, а големината на таа работа е одредена со густината на експлозивната материја и брзината на детонација.

Големината на бризантното дејствување на експлозијата тешко се одредува, затоа што тоа дејствување не зависи само од карактеристиките на експлозивната материја, туку зависи и од карактеристиките на преградата, односно материјалот на облогата на кој дејствува експлозивната материја.

Остра граница помеѓу рушечкото и бризантното дејствување на експлозивната материја нема, па според тоа постојат облици на дејствување кои припаѓаат на едниот и на другиот вид.

Особено голема важност има бризантниот облик на дејствување на експлозивните материи, како и нивната примена и поголем степен на искористување на работата има токму емисијата на енергија на експлозијата и прераспределбата на енергија на експлозијата.

А) Бризантен облик на дејствување на експлозијата

Доколку е прифатена општата дефиниција дека бризантното дејствување на експлозијата е тоа што се одвива во самиот центар и во непосредна близина на центарот на експлозијата, тогаш облиците на бризантно дејствување и неговите ефекти (прикажано на сликата) можат да се групираат во четири основни групи:



Сл. 2 Експлозивни ефекти

1) Дејство на вжарените гасни продукти, во чиј состав посебно треба да се проучи радиусот на дејствување на тие продукти;

2) Дејство на многу силни ударни бранови кои се генерираат во средините со поголема густина кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата (непосредно со експлозивното полнење). Таков облик може ефикасно да се искористи за одвојување, зацврстување или спојување на метали;

3) Дејство од течењето на крутите (цврстите) материјали кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата. Таков облик може ефикасно да се искористи кај кумулативните спирали или кај т.н. плазма – генератори. На овој облик на дејствување посебно големо влијание има геометријата на експлозивното полнење;

4) Дејство со разорување на крутите материјали кои се во самиот центар на експлозијата. Таков облик може ефикасно да се искористи кај фрагментација на тенките прегради со самото експлозивно полнење, како и кај кинење на челични, дрвени и бетонски објекти (шини, столбови, стебла и др.).

Според тоа, бризантното дејствување на експлозијата се изразува во облик на орканско дејствување на вжарените продукти, во облик на одвојување, зацврстување, спојување, кумулација, плазма, пробивање, кинење и дробење на средината која е во директен допир со полнењето на експлозивната материја.¹⁹⁷

Одлучувачко влијание на бризантноста имаат фактори кои ја одредуваат брзината на детонација и детонациски притисок. Максимално бризантно дејствување се постигнува при максимална брзина на детонација и оптимална густина, а условно тоа може да се карактеризира и со градација (вредност) на притисокот.

¹⁹⁷ Pleše M., *op. cit.*, str. 234. (1)

1.1) Бризантно дејствување на вжарените гасни продукти на експлозијата

Орканот на вжарените продукти на експлозијата, кој се создава при нивна експанзија со силна турбуленција има ограничен домет, што зависи од густината на средината во која експлозијата е иницирана. При тоа збивање на средината, тој во неа иницира ударен бран кој во еден момент се одвојува од гасовитите продукти и самостојно се шири понатаму низ средината и не предизвикува значајно движење на средината низ која се движи.

Експанзијата на гасовите во било која средина се врши до одреден граничен волумен кој одговара на заостанатиот притисок во продуктите на експлозијата и еднаков е на притисокот на околната средина.

Карактеристики на продуктите на експлозијата во процесот на ширење може да се опише и со т.н. Poisson-овата адијабата.¹⁹⁸

Анализата на трансформација на енергијата на експлозијата покажува дека дејството на гасовитите продукти на експлозијата е ограничено на многу мала оддалеченост од центарот. Тоа е последица на нестационарност на процесот на ширење на продуктите на експлозијата, кои достигнуваат граничен волумен со низа од пригушени пулсирања околу споменатата граница. Во почеток продуктите експандираат до волумен кој е поголем за 30 – 40% од граничниот, а притисокот е помал од атмосферскиот, за да потоа со дејствување на средината пулсирањето се продолжува. Меѓутоа, практично само првото пулсирање е важно, додека останатите можат да се занемарат (освен оние во водена средина).

1.2) Бризантно дејствување на многу силни ударни бранови кои се генерираат во средина со голема густина, кои се со самото експлозивно полнење

Доколку експлозивната материја детонира на површината на металот, тогаш се појавуваат напрегања во самиот метал како резултат на притисокот кој го предизвикуваат гасовитите продукти. Во тој временски период притисокот на границата расте, што условува, најчесто, генерирање и простирање на ударниот бран по металот кој го оптеретува и напрега металот. Големината на тие напрегања зависи од карактеристиките на взаемно дејствување на металот и продуктите на експлозијата.

¹⁹⁸ Siméon Denis Poisson, (21.06.1781 – 25.04.1840 г.), Француски математичар, геометар и физичар.

Напрегањата во металот предизвикани од експлозијата претставува сложен процес, кој пред сè се карактеризира со многу кратко време на траење, па таквото напрегање во физиката на крути тела се нарекува динамичко или импулсно напрегање. Металите реагираат на импулсните оптоварувања на сосема друг начин отколку на статичките. Кај статичкото оптоварување напрегањата и деформациите се распоредени по целото тело, така што секој дел на телото се спротивставува на оптоварувањето.

Импулсните оптоварувања предизвикуваат многу локализирани напрегања, односно деформации во телото.¹⁹⁹

Разликата помеѓу статичкото и динамичкото оптоварување условена е со брановидниот карактер на простирање на поместувањата по металот, краткотрајност на процесот и многу високо ниво на енергетски параметри, пред сè притисок.

Со оглед на тоа дека брановите напрегања во процесот на простирање слабее заради дисипација на енергија, различните делови на напрегнатите тела се во различна состојба, па оттука и распределбата на појавните ефекти е различна.

Во некои случаи доаѓа до зацврстување на површинскиот слој на металот, а во некои специјални случаи доаѓа до плакирање (спојување) на двете метални површини, додека во некои (каде што дебелината на металот е ограничена, а ширината не) доаѓа до ефект на одвојување со спротивната површина.

1.3) Бризантно дејствување на течењето на крутите материјали кои се наоѓаат во самиот центар на експлозијата

За да може да се предизвика течење на металот, мора да се обезбеди висок притисок и температура, дури и повисоки од оние кои постојат кај нормалниот детонациски бран. Со оглед на одредени законитости при истекување на продуктите од детонацијата и прераспределба на енергијата на експлозијата, со промена на обликот на експлозивното полнење и местото на иницирање, во одделни правци може да се зголеми дејствувањето (поголем притисок и температура) на сметка на прераспределба на енергијата на експлозијата. При судир или фокусирање на детонациските бранови, на правецот на нивниот судир се зголемува притисокот и температурата.

¹⁹⁹ Акаван Ж., *оп. цит.*, стр. 53. (1)

Наједноставен облик на фокусирање на детонациските бранови е преку т.н. кумулативна шуплина.²⁰⁰ Исто така, може да се направи и таква геометрија на експлозивното полнење кое ќе овозможи фокусирање на продуктите на детонација во една точка, која се нарекува логаритамска спирала на кумулацијата. Најголем притисок и брзина на формирање на ударниот бран може да се добие со т.н. ултрабрза кумулација кај експлозивниот плазмагенератор.

1.4) Бризантно дејствување на разорување на крутите материјали кои се наоѓаат со експлозивното полнење

Доколку преградата, која се наоѓа со самото експлозивно полнење, не е со голема дебелина и доколку количината на експлозивното полнење не е толкава да обезбеди многу високи параметри кои предизвикуваат течење на таа преграда, тогаш доаѓа до кршење и кинење на преградата. Тоа е случај кај фрагментацијата на кошулката на проектилот или кај кинење на разни метални, дрвени или бетонски објекти.

Фрагментацијата на металната преграда настанува кога при детонацискиот бран од продуктите на експлозијата доаѓа до кршење на тенката преграда која се наоѓа непосредно до експлозивното полнење. При тоа се добиваат ситни парчиња од преградата кои добиваат одредена почетна брзина, па со својата кинетичка енергија, иако дисперзно, можат да дејствуваат на поголема оддалеченост.

На фрагментацијата на преградата (кошулката на проектилот) влијаат повеќе фактори и тоа:

- термичката обработка на преградата (кошулката);
- количината на експлозивната материја и нејзината бризантност, со која е полнет проектилот;
- начинот на лабораторија на експлозивната материја во проектилот, кое се однесува на различната густина на експлозивното полнење;
- добрата иницијалност на експлозивните материји во проектилот, што се постигнува со употреба на детонаторски засилувачи.

²⁰⁰ Акаван Ж., *оп. цит.*, стр. 53. (1)

Со оптимизирање на овие фактори се постигнува подобрување на фрагментацијата. Освен овие, постојат и други мерки од конструктивна природа кои влијаат на фрагментацијата, а тоа се:

- префрагментација на кошулката, чија цел е однапред да се одредат местата на кои кошулката на проектилот ќе се распрсне;
- зголемување на ефективната фрагментиращка маса;
- додавање на посебни елементи, која е многу стара идеја, а се состои во конструкција на шрапнелите, лабораторија на зрната за сидот на кошулката, во самата кошулка и лиење со пластика надвор од кошулката.

Б) Рушечко дејство на експлозиите во различни средини

Рушечкото или фугасно дејство е последица на ширењето на ударните бранови кои се предизвикани со нагла (брза) експанзија на гасовитите продукти предизвикани од експлозијата и нивно потиснување на средината.²⁰¹ Со детална анализа на однесувањето на ударните бранови во различни средини може да се одредат различните облици на рушечко дејство. Деталната анализа ги опфаќа основите на хидродинамичката теорија на ударниот бран, настанувањето на ударниот бран, основниот закон на зачувување на енергијата во ударниот бран од кои произлегуваат и равенките за адијабата, степенот за зголемување на притисокот, степенот на компресија и равенката за состојбата.

Ширењето на ударниот бран, а со тоа и обликот на негово рушечко дејство, во многу зависи од средината низ која тој се простира. Тоа произлегува од анализата на дисипација (губење) на енергијата, која ја овозможува секоја средина.

При разгледување на осетливоста на ударниот бран, констатирано е дека амплитудата на ударниот бран, покрај другото, значително влијае на неговата дисипација во текот на распространувањето, односно ако некоја средина овозможува поголема дисипација на енергијата на ударниот бран, тогаш и амплитудата на ударниот бран брзо ќе опаѓа од центарот на експлозијата и радиусот на рушечкото дејство ќе биде помал.

За да се одреди вкупната вредност на неповратните загуби на енергија, мора да се познава ударната адијабата на средината низ која се шири ударниот бран,

²⁰¹ Mihelič B., „Energetske materije – Eksplozivi, baruti i pirotehničke smеше“, Kragujevac, 2013, str. 31.

изоентропата на ширење, односно равенката на релаксација од почетниот притисок во таа средина и зависноста на притисокот на фронтот на ударниот бран од оддалеченоста во таа средина.²⁰²

Ударниот бран може да се шири во воздух, вода, на земја и под земја.

²⁰² Pleše M., *op. cit.*, str. 255. (1)

VI ДЕЛ

ВЕШТАЧЕЊЕ

1. ХЕМИСКИ АНАЛИЗИ

Начинот, односно методите кои се употребуваат за определување на составот на хемиската супстанција или смеса на супстанции се нарекува хемиска анализа. Хемиската анализа на непозната супстанција може да биде квалитативна и квантитативна хемиска анализа.²⁰³

Со помош на квалитативната хемиска анализа се определува составот врз основа на елементите на супстанцијата, додека со квантитативната хемиска анализа се определува количинскиот однос на супстанцијата, односно хемиското соединение или смесата. Не постои граница помеѓу овие две методи, од причина што квалитативната хемиска анализа дава одреден квантитативен сооднос на одделните компоненти.

Анализите на супстанциите, како и квалитативните и квантитативните анализи, според методите на испитување може да бидат хемиски, физичко – хемиски и физички методи. Според количеството на испитуваната супстанција и начинот на работа, квалитативната хемиска анализа може да се изврши според една од следните методи: макро – хемиска анализа, полумикро, односно семимикро или микро – хемиска анализа и ултра – микро анализа.

Основни операции кои се применуваат за анализа на супстанцијата се следните: загревање, испарување, таложење, одделување и миење на талог. Постапката при одделување на талог се извршува на три начина: со центрифугирање, филтрирање и декантирање.

При анализа на супстанцијата се врши класификација на катјоните и ањоните во соодветни аналитички групи, според реакциите кои се одвиваат и соодветните потребни реагенси. Класификацијата на катјоните и ањоните по аналитички групи се врши од практични причини. Постојат повеќе начини на класификација.

Поделбата на катјоните е направена во шест аналитички групи според реакциите на групните реагенси и тоа:

²⁰³ Pleše M., *op.cit.*, str. 459. (1)

1. Во првата аналитичка група спаѓаат катјони кои се таложат со разблажена хлороводородна киселина како хлориди. Во оваа група спаѓаат катјоните на среброто (Ag^+), оловото (Pb^+) и едновалентната жива (Hg^+).

2. Во втората аналитичка група спаѓаат катјони кои се таложат со сулфурводородот како сулфиди во кисела средина. Оваа група е поделена на две подгрупи (а и б), според растворливоста во амониум – полисулфиди. Во втората а) подгрупа спаѓаат катјоните на двовалентната жива (Hg^{2+}), оловото (Pb^{2+}), бакарот (Cu^{2+}), бизмутот (Bi^{2+}) и кадмиумот (Cd^{2+}). Во втората б) подгрупа спаѓаат катјоните на тровалентниот и петовалентниот арсен (As^{3+} , As^{5+}), катјоните на тровалентниот и петовалентниот антимон (Sb^{3+} , Sb^{5+}) и катјоните на калајот (Sn^{2+}).

3. Во третата аналитичка група се групирани катјони кои како хидроксиди се таложат со амонијак во присуство на амониум хлорид. Во оваа група спаѓаат катјоните на двовалентното и тровалентното железо (Fe^{2+} , Fe^{3+}), катјоните на алуминиумот (Al^{3+}) и катјоните на хромот (Cr^{3+}).

4. Во четвртата аналитичка група спаѓаат катјоните кои како сулфиди се таложат со амониум сулфид и во оваа група спаѓаат катјоните на кобалтот (Co^{2+}), катјоните на никелот (Ni^{2+}), катјоните на манганот (Mn^{2+}) и катјоните на цинк (Zn^{2+}).

5. Во петтата аналитичка група се групирани катјоните кои како карбонати се таложат со амониум карбонат и во група спаѓаат катјоните на бариумот (Ba^{2+}), катјоните на стронциумот (Sr^{2+}) и катјоните на калциумот (Ca^{2+}).

6. Во шестата аналитичка група спаѓаат катјоните на литиумот (Li^+), катјоните на натриумот (Na^+), катјоните на калиумот (K^+), катјоните на магнезиумот (Mg^{2+}) и катјоните на амониум јонот (NH_4^+).

Поделбата на ањоните е извршена во пет аналитички групи. Ова произлегува од потребата за вршење на карактеристични аналитички реакции во водените раствори.

1. Во првата аналитичка група спаѓаат ањоните кои во реакција со јонот на калциум $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ образуваат тешко растворливи талози. Во оваа група спаѓаат ањоните на оксалат ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), флуорид (F^-), тартарат ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$), борат (BO_2^-), сулфит (SO_3^{2-}), фосфат (PO_4^{3-}), карбонат (CO_3^{2-}), арсенат (AsO_4^-) и арсенит (AsO_3^-).

2. Во втората аналитичка група спаѓаат ањоните, кои при реакција со јонот на бариум $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ создаваат тешко растворливи талози, како што се сулфат (SO_4^{2-}), хромат (CrO_4^{2-}), јодат (JO_3^-) и сулфит (SO_3^{2-}).

3. Во третата аналитичка група спаѓаат анјоните кои со јонот на цинкот образуваат тешко растворливи талози и во оваа група спаѓаат следните анјони: сулфид (S^{2-}), цијанид (CN^{1-}), ферицијанид $Fe(CN)_6^{3-}$ и ферицијанид $Fe(CN)_6^{4-}$.

4. Во четвртата аналитичка група спаѓаат анјоните кои со јонот на среброто образуваат тешко растворливи талози. Оваа група ја сочинуваат следните анјони: роданид (CNS^-), тиосулфат ($S_2O_3^{2-}$), хлорид (SI^{1-}), бромид (Br^{1-}) и јодид (J^{1-}).

5. Анјоните на петтата аналитичка група немаат групен реагенс и оваа група ја сочинуваат следните анјони: нитрати (NO_2^{1-}), нитрати (NO_3^{1-}), хлорати (ClO_3^{1-}) и ацетати (CH_3COO^{1-}).

1.1. Волуметриска анализа

Методот на волуметрија е најупотребуван квантитативен аналитички метод на анализа, бидејќи станува збор за прилично брза и точна метода. За да може да се реализира волуметриска анализа, потребно е реакциите кои служат како основа при волуметриските определувања да задоволуваат определен број на услови и тоа:

1. Реакцијата помеѓу определуваната супстанција и реагенсот мора да протекнува брзо.

2. Реакцијата треба да протекнува во стехиометриски однос.

3. Завршната точка на титрацијата може да се определи со користење на визуелни индикатори.²⁰⁴

Во зависност од применетите реакции на титрација, волуметриските методи се делат на: методи на неутрализација, методи на таложење, методи кај кои се создаваат растворливи комплекси и методи на оксидо – редукција. Со примена на титрационо средство, методите на оксидо – редукција се делат на перманганометрија, цериметрија, јодометрија, бромометрија.

Реакциите што се користат при волуметриските определувања се одвиваат во раствори и самото протекнување на реакцијата е резултат на заемното дејство на јоните што реагираат при самата реакција, при што доаѓа до намалување на нивната концентрација. При работа со оваа метода потребно е претходно да се изврши

²⁰⁴ Смилески Ј.Р., „Методика на истражување на пожари и експлозии“, Факултет за безбедност, Скопје, 2010, стр. 249. (2)

приготвување на стандардни раствори и потребно е да се изврши точно мерење на волуменот на потрошената реагенс супстанција со разни видови бирети.²⁰⁵

1.2. Гравиметриска анализа

Гравиметриската анализа подразбира метод на квантитативна анализа во која е вклучена операцијата на точно определување на соодвениот дел на анализираната компонента, која е одделена во елементарна состојба или во вид на соединение со определен состав.

Поделбата на гравиметриските методи е на таложни и методи на волатилизација, додека самата гравиметриска метода се состои од следните операции: приготвување на средна проба, мерење на пробата за анализа, растворање, одделување на компонентите што пречат, нивно таложење, таложење на компонентите што се определуваат, филтрирање на талогот, спалување на филтерот, жарење и пресметка на резултатот. Овие постапки се од големо значење, особено земањето и приготвувањето на средната проба за анализа. При реализација на оваа метода, потребно е прецизно регистрирање на резултатите од мерењата, бидејќи на тој начин се добиваат резултати со кои се врши идентификација на експлозивните материи.

1.3. Инструментална анализа

1.3.1. Спектроскопски методи

Спектроскопските методи претставуваат физички методи со чија помош се работат квалитативни и квантитативни хемиски анализи за кратко време и со голема точност. Овие методи се базирани на принципот на изучување на атомските спектри на анализираните супстанции.

Во зависност од изворот на изворот на применетото зрачење и подрачје на електромагнетните бранови, постојат голем број на спектроскопски техники, во кои спаѓаат: ултравиолетова спектроскопија, видлива спектроскопија, инфрацрвена спектроскопија, Раманова спектроскопија, масина спектроскопија, спектроскопија на нуклеарна магнетна резонанца.

²⁰⁵ Смилески Љ.Р., *оп. цит.*, стр. 249. (2)

Спектроскопските техники служат за испитување на брановите должини и интензитетот на зрачењето што го емитираат или апсорбираат атомите и молекулите под различни физички услови на зрачење кое поминува низ испитуваната материја, која при тоа се наоѓа во различни форми и агрегатни состојби. Во зависност од техниката на мерење, изворот на зрачење и добиениот спектар, спектроскопијата може да биде емисиона и апсорпциона.

1.3.1.1. Емисиона спектроскопија

Со помош на емисионата спектроскопија се прават испитувања кои се базирани на проучување на видовите и интензитетот на енергијата на зрачење што ја емитира анализираната супстанција. Зрачењето се јавува како последица на преминот на електроните од атомите или молекулите од побудена во основна енергетска состојба, при што се емитира одреден квант на енергија кое е во форма на електромагнетно зрачење. Извор на електромагнетно зрачење чиј спектар се набљудува претставува испитуваната супстанција, која што може да емитира електромагнетни бранови само доколку е вжештена на висока температура или е под дејство на електрични и хемиски побудувања. Со помош на анализа на спектралната распределба на емитираното зрачење може да се идентификуваат елементи врз база на нивните карактеристични емисиони спектри. Определувањето на количината на одредена супстанција може да се одреди врз основа на мерењата на интензитетот на одделни спектрални линии или сèвкупното емитирано зрачење.

1.3.1.2. Апсорпциона спектроскопија

Апсорпционата спектроскопија претставува метода која се темели на изучување на типот и количината на енергија на зрачењето која ја апсорбира испитуваната супстанција. Од вкупната енергија на зрачење што е во допир со испитуваната супстанција, таа апсорбира само определени фреквенции, односно кванти на енергија кои можат да предизвикаат промени во енергетската состојба на атомите, односно молекулите на супстанцијата, додека преостанатото зрачење се пропушта или рефлектира. На местата на апсорбирани одделни бранови должини, во добиениот спектар се појавуваат темни линии, кои се нарекуваат апсорпциони спектри. Определувањето на брановите должини, односно фреквенцијата на апсорпционата

енергија служи како основа за квалитативна анализа, додека количината на апсорбираната светлина служи за квантитативна анализа.

1.3.2. Видови на спектри

Емисионите и апсорпционите спектри се делат на континуирани и дисконтинуирани, молекуларни, ротациони, вибрациони. Континуираните спектри се добиваат со помош на емитирање на зрачење од вжештени цврсти тела и од течни тела. Во овие спектри се застапени сите бранови должини на едно пошироко браново подрачје, во кое припаѓа видливата сончева светлина.

Дисконтинуираните спектри се составени од поголем број одвоени спектрални линии, кои можат да бидат линиски и во вид на лента.

Линиските спектри се добиваат од зрачење кое е емитирано од јонизирани или нејонизирани побудени атоми кои се наоѓаат на растојание на кое при своето зрачење дејствуваат независно еден од друг. Линиски спектри даваат само вжештени гасови и пареи, при тоа доаѓајќи до прескокнување на надворешните валентни електрони на атомите на патеки со повисоко енергетско ниво. Во овие нестабилни ексцитирани енергетски состојби електроните остануваат релативно кратко време, потоа враќајќи се во основната стабилна состојба. Секој премин на електрон од патека со повисоко енергетско ниво во патека со пониско енергетско ниво е придружено со емитирање на вишок на енергија во вид на електромагнетно зрачење со точно определена бранова должина. Овој вид на зрачење се наоѓа во спектарот како спектрална линија на определена положба и со определена боја.

Спектрите во вид на лента потекнуваат од зрачењето емитирано од страна на јонизирани или нејонизирани ексцитирани молекули на вжештени гасови и пареи чија температура не е доволно висока за да можат сите молекули од испитуваната супстанција да дисоцираат на атоми и јони. Ова значи дека спектрите во вид на лента се карактеристични за слободните молекули, со чија помош се одредува хемискиот состав на испитуваната супстанција.

Молекуларните спектри можат да бидат емисиони и апсорпциони кои настануваат како резултат на промените на енергетските нивоа при што молекулата апсорбира или емитира одреден квант на енергија. Кога станува збор за апсорпција, молекулот може да апсорбира определен квант на светлина, така што од правобитна состојба на енергија преминува во побудена состојба со енергија, заради постоењето на

атомите и молекулите само во определени енергетски стационарни состојби. Ова е причина за селективна апсорпција на електромагнетното зрачење.

Како резултат на ротацијата на молекулот се појавуваат ротациони спектри, кои се проследени со промени во ротационите енергетски нивоа на молекулот. Секој молекул кој има повеќе од еден атом ротира и има оска на ротација. Двоатомниот линеарен молекул има две оски на ротација, додека триатомните и повеќеоатомните нелинеарни молекули имаат по три оски на ротација кои меѓусебно заклопуваат прави агли.

1.3.2.1. Ултравиолетова (UV) и видлива спектроскопија

Апсорпцијата на енергијата е определена со брановата должина која е поврзана со електронски премин од пониско кон повисоко енергетско ниво. Овој електронски премин се реализира во ултравиолетово и видливо спектрално подрачје.

Во видливото спектрално подрачје се користат три типа на инструменти: колориметри, фотометри и спектрофотометри.

Доколку во процесот на анализата се мери интензитетот на бојата на некоја обоена супстанција во однос на бојата на некој раствор со позната концентрација, тогаш станува збор за мерна техника која се вика колориметрија, односно се користат инструменти кои се нарекуваат колориметри.

Доколку се мери интензитетот на пропуштена светлина, станува збор за техника наречена фотометрија, додека инструментите се нарекуваат фотометри.

Спектрофотометарот претставува фотометар кој во процесот на анализа користи монохроматска светлина.

Спектрофотометарот го мери односот на интензитетот на зрачењето на два зрака во функција од брановата должина на случајниот зрак. Работи на принципот на одвојување на зрачењето според брановата должина на електромагнетните зраци кои од изворот на континуирано зрачење, преку колиimatorот, паѓаат на дисперзниот систем. Одвоените монохроматски зраци во определени временски интервали, во потесни или пошироки ленти континуирано паѓаат врз испитуваниот примерок. Колимираните зраци со помош на детекторот се регистрираат во форма на спектар според нивниот интензитет во функција на брановата должина.

Како извор на континуирано зрачење се користи волфрамовата ламба, која има за задача континуирано да зрачи електромагнетни бранови во широко подрачје на

бранови должини. Покрај волфрамова, се користи уште и водородна и деутериумова ламба. Ламбите се направени од кварц и се за употреба во ултравиолетово подрачје. За квантитативна спектроскопска анализа неопходно е користење на монохроматски зраци и затоа се користат призми, оптички решетки, апсорпциони и интерференциски филтри. Користењето на призмата при овие техники е да се дисперзира полихроматското зрачење во спектар на монохроматски зраци. Во видливата и во ултравиолетовата спектроскопија се користат различни типови на призми, во зависност од брановите должини на кои работи спектрометарот. За таа цел призми од оптичко стакло се користат за видливиот дел од спектарот, додека призми од кварц се користат за ултравиолетово, видливо и блиско инфрацрвено подрачје.

Како детектори се користат фотодетектори опремени со фотоќелии и фотомултипликатори. Современите спектрофотометри се поврзани со персонални сметачи со софтверска поддршка за комплетна обработка на спектрите до добивање на конечни резултати.

1.3.2.2. Инфрацрвена спектроскопија

Инфрацрвената спектроскопија се користи за испитување на вибрационите и ротационите премини во молекулите на некое органско соединение. При испитување на инфрацрвените спектри, испитуваните проби во спектрометарот се изложени на континуирана промена на озрачување со бранови должини и за определени бранови должини доаѓа до апсорбирање на дел од упадното зрачење кое побудува одредени енергетски нивоа во молекулите на пробата. Апсорпцијата на инфрацрвеното зрачење во зависност од брановата должина го дава графичкиот приказ на инфрацрвениот спектар на испитуваната супстанција. Инфрацрвените спектри можат да се снимаат врз проби кои се наоѓаат во сите агрегатни состојби и во зависност од истата, количеството на примерокот за анализа обично изнесува од 1 до 10 mg.

Снимањето на гасните проби се врши во стаклени или метални ќелии со должина од 1 до 10 cm, на чии странични краеве се наоѓаат оптички поларни плочки од натриум хлорид NaCl низ кои влегува и излегува инфрацрвениот зрак.

Испитувањето на течните проби се врши или како чисти растворувачи или како раствори и нивното снимање се изведува во специјални ќелии, т.н. кивети со дебелина на ѕидовите од 0,01 до 1 mm. Стаклата на ќелијата се направени од оптички поларни плочи на кристали од натриум хлорид NaCl и калиум бромид KBr. Доколку во

процесите на работа се користат проби кои содржат вода или други супстанции кои реагираат со натриум хлорид NaCl и калиум бромид KBr се користат поотпорни плочи направени од сребрен хлорид AgCl, арсен триоксид As₂O₃ и сл. Често пати плочите во ќелиите можат да се разладуваат, овозможувајќи фино дотерување на нивната дебелина со помош на метални држачи.

Испитувањето на цврстите примероци се врши најчесто во форма на паста или пресувана ампула, односно таблета. Дебелината на цврстиот слој изнесува 0,1 до 1 mm. Испитуваната проба најнапред се доведува до фина состојба на прашок, а потоа од неа се подготвуваат таблети или густе пасте. За нивна подготовка се иситнува 1 до 2 mg од испитуваната проба и се меша со 100 до 130 mg фин прашок од калиум бромид KBr и добиената смеса се пресува во калапи под вакуум. Калиум бромид KBr се додава во смесата поради што тој е транспарентен во инфрацрвеното подрачје и не влијае врз спектарот на испитуваната проба. За добивање на проба која потоа се користи како густа паста, 2 mg од прашкастата проба се мешаат со 1 до 2 капки парафинско масло. Вака добиената паста се нанесува како тенок филм на носачот кој се поставува помеѓу две оптички полирани плочи од натриум хлорид NaCl.

Инфрацрвените спектрометри се составени од три основни делови и тоа:

- извор на зрачење;
- монохроматор и
- детектор.

Како извор на зрачење се користат соодветно изработени вжештени цврсти тела загреани до температура од 1273,15 до 2073,15 K. Емитираниот спектар е континуиран и го опфаќа целокупното инфрацрвено подрачје. Најчесто употребуван извор на зрачење е неристовото влакно, што претставува легура од 80% циркониум диоксид ZrO₂, 10% ториум диоксид ThO₂ и 10% други компоненти, односно оксиди на магнезиум Mg, калциум Ca и цезиум Cs.

Основна улога на монохроматорот е селектирање на одделни, приближно еднакви монохроматски бранови кои произлегуваат од континуираното зрачење на изворот на инфрацрвениот спектар. Како монохроматори кај инфрацрвените спектрометри се користат призми од литиум флуорид LiF, натриум хлорид NaCl, калиум бромид KBr, поретко се користат призми изработени од цезиум јодид CsJ.

За користење за детекција на инфрацрвеното зрачење се користат термални детектори, кои го опфаќаат целото подрачје на инфрацрвениот спектар. Се употребува инфрацрвениот спектрометар кој користи два паралелни зрака, од кои едниот е работен

и поминува низ мерната проба, а вториот е референтен и поминува низ референтната проба и најчесто е во употреба и се користи за квалитативна анализа.

Од поновата генерација на инфрацрвените спектрометри се користат т.н. FTIR спектрометри, во чиј инструмент се споени два метода за анализа и тоа физички метод, т.н. интерферометрија и математички, т.н. Фуриева трансформација. Основен принцип на работа е интерферометријата и добивање на интерферограм, кој со помош на компјутерска обработка, т.н. Фуриева трансформација, понатаму се преведува во вообичаениот облик на спектар. Овие спектрометри имаат предност во однос на другите, бидејќи овозможува брзо снимање на спектарот, поголема осетливост, постои можност за повеќекратно снимање на иста проба, резолуција до 0,1 cm и лесна обработка на добиените спектри.

Прикажувањето на инфрацрвените спектри се одвива во координатен систем со нанесување на брановата должина на апцисата и транспаренцијата или апсорпцијата на ординатата. Инфрацрвениот спектар се наоѓа во браново подрачје од 780 до 5000 nm со поделба на три подрачја: блиско, средно и далечно. Во блиското инфрацрвено подрачје постои мала апсорпција на зрачење, кое потекнува од основните вибрации. Во средното подрачје се јавува посилна апсорпција со вредност помеѓу 200 и 4000 nm и овде доминираат интензивни ленти на основните вибрации. Во далечното инфрацрвено подрачје за бранови должини поголеми од 4000 nm постојат само некои од основните вибрации на молекулите. Толкувањето на инфрацрвените спектри е врз база на положбата, интензитетот и формата на одделни ленти добиени при снимање на испитуваната проба.

1.4. Масина спектрометрија

Масината спектрометрија претставува метод со принцип на работа на создавање позитивно наелектризиран гасни јони од испитуван примерок, нивно разделување според масата и полнежот и нивно регистрирање според типот и количеството на јоните. Овој метод многу добро се применува при идентификација на различни експлозивни материи, дури и во случај кога тие се во траги, односно кога се детектираат при истражување после настанатата експлозијата.

Кај масината спектрометрија примерокот се јонизира и тогаш настанува снимање на спектарот.

Во поголемиот дел кај масините спектрометри примероците се анализираат во гасната фаза, при што органската фаза постојано се додава во јонизаторот низ мал отвор, освен кога масиниот спектрометар продолжува во гасна хроматографија.

Масиниот спектрометар се состои од систем за приготвување на пробата, систем за внесување на пробата, јонски извор, магнетен анализатор, детектор и анализатор.

Принципот на работа е со внесување на примерок за анализа во гасната фаза, негово јонизирање во комора за јонизација, разделување на формираните јони под дејство на магнетно поле и нивна регистрација според големината на нивната маса и нивното наелектризирање.

Во системот за приготвување на пробата се врши нејзино испарување и збогатување, доколку е потребно се врши изотопска фракција. на овој начин подготвената проба се внесува под вакуум во системот на масиниот спектрометар. Во јонскиот извор молекулите, под дејство на електроните, создаваат позитивно наелектризираните јони, кои со помош на променливото магнетно поле се насочуваат во магнетен анализатор каде што се врши детектирање на одреден јонски вид со точно определен однос на масата на наелектризираните јони (m) и бројот на наелектризираните јони (e). За да може да се регистрира квантитативно определен вид на јони, неопходно е на својот пат низ масиниот спектрометар, од јонскиот извор до детекторот јоните да не се судираат со други молекули или јони. Ова е возможно само доколку во системот се воспостави висок вакуум кај јонскиот извор, анализаторот и детекторот во вредност од $1/1000$ до $1/100000$ Pa.

Системот за внесување на пробата во масиниот спектрометар се состои од голем број ротациони и дифузни пумпи и вентили, што овозможува делумно прекинување и воспоставување определен притисок во разни делови на системот. Пробата која се внесува во масиниот инструмент треба да е во гасна состојба со цел извршување на јонизација на примерокот.

Јонскиот извор има задача да изврши јонизација на пробата. Постојат повеќе видови јонски извори:

- јонизација со електрони;
- хемиска јонизација;
- јонизација со искрење.

Најупотребувана е јонизацијата со електрони. Масините спектри се регистрираат во дводимензионален координатен систем во форма на пикови.

1.5. Рентгенска анализа

Рендгенската анализа во основа претставува мерење на различните ефекти кои настануваат при интеракција на рендгенските или X – зраците со испитуваната проба. Апаратот со кој се врши создавање на X – зраците, нивно насочување и регистрирање на промените настанати при интеракција на X – зраците со испитуваната проба се нарекува рендген.

Во зависност од процесите кои настануваат при интеракција, постојат процеси на апсорпција на X – зраците во пробата, но постојат и други процеси: фотоелектричен ефект, јонизација, ексцитирање на атоми, флуоресценција, Комптонов ефект, расејување, дифракција. Врз основа на можноста за користење на некој од овие ефекти при испитување на одредена супстанција, постојат следните методи на анализа со помош на X – зраците и тоа:

- апсорпционен;
- дифракционен и
- флуоресцентен метод.

1.5.1. Апсорпција на X – зраците

Апсорпцијата на X – зраците на некое тело е во зависност од коефициентот на апсорпција и дебелината на телото.

Коефициентот на апсорпција зависи од брановата должина на X – зраците и од редниот број на елементот и претставува сложена функција. Брановата должина на која доаѓа до нагло зголемување на апсорпцијата на X – зраците се нарекува апсорпционен праг. Оваа појава се применува при филтрирање на континуиран и линиски спектар на X – зраците. За добивање на монохроматски X – зраци се изработуваат филтри од чисти метали, како што се циркониум Zr, никел Ni, кобалт Co, железо Fe, манган Mn, бор B и за секој метал филтерот има одредена дебелина (nm) и за дадена анода се определува коефициент на апсорпција на зрачењето изразено во %.

1.5.2. Дифракција на X – зраците

За да се испита брановата природа на X – зраците кои имаат помала бранова должина од брановата должина на електромагнетните бранови, во видливиот дел на

спектарот треба да има многу fina решетка. За таа цел најпогодна е кристалната решетка која, за разлика од оптичката решетка, составена е од голем број дифракциони центри, а тоа се атоми, јони или молекули кои се тродимензионално распоредени во просторот. За таа цел Германскиот физичар Max von Laue²⁰⁶ во 1912 година во своите експерименти пропуштал сноп на зраци низ кристал на цинк сулфат ZnS и на фотографска плоча добил филм кој е наречен Lauegram, кој се состои од голема црна точка, предизвикана од директниот праволиниски недифрактиран сноп на X – зраците и голем број на црни точки со различен интензитет кои се правилно распоредени околу централната точка. Овие точки се добиени како резултат на дифракцијата од атоми во кристалната решетка. Црните дамки со различен интензитет се резултат на интерференцијата на одделни X – зраци, дифрактирани од атоми, јони или молекули кои се правилно распоредени во кристалната решетка.

Кристалот претставува збир од правилно распоредени честички кои периодично се повторуваат во кристалната решетка. Густината на честичките во различна рамнина на кристалот е различна.

Дифракцијата на X – зраците во кристалните решетки е проучувана подетално од страна на Bragg²⁰⁷ и врз основа на неговите резултати е формулиран Bragg – овиот закон кој ја дава математичката релација која покажува во кои случаи доаѓа до интерференција на X – зраците при нивната дифракција во кристалната решетка. Сите методи кои ја определуваат структурата со помош на X – зраците се базирани на Браговиот закон.

При рендгенската анализа на материјалите се применуваат три методи:

- методот на Laue;
- методот на кристал што ротира и
- методот на прашок.

При испитувањата по методот на Laue се користи во континуиран спектар за проучување на ориентацијата на монокристалите во кристалните решетки.

Методот на кристал што ротира е најпогоден за определување на димензиите на единечната ќелија, посебно на кристали кои имаат ниска симетрија.

²⁰⁶ Max Teodor Felix von Laue, 09.10.1879 – 24.04.1960 г., Германски физичар, добитник на Нобеловата награда за физика во 1914 г. за дифракција на X – зраците.

²⁰⁷ Sir William Lawrence Bragg, 31.03.1890 – 01.07.1971 г., Австралиски физичар, добитник на Нобеловата награда за физика во 1915 г.

Методот на прашок на поликристална супстанција први ја примениле Debye²⁰⁸ и Scherrer²⁰⁹ заради што оваа метода се нарекува Debye – Scherrer – ов метод, кој има поширока примена од методот на кристал кој ротира и со неа се определуваат димензии на единечна ќелија, внатрешни напрегања на кристалите, големина на зрната, текстура на материјалот, степен на рекристализација, фазни граници во рамнотежни дијаграми итн. Може да се следат и фазните промени во хомогени и хетерогени системи. Пробата при снимање треба да биде иситнета во вид на прашок. При снимање со оваа метода може да се користат рамни и цилиндрични камери и бројачи на импулси.

²⁰⁸ Peter Joseph William Debye, 24.03.1884 – 02.11.1966 г., Холандски физичар и хемичар.

²⁰⁹ Paul Scherrer, 03.02.1890 – 25.09.1969 г., Швајцарски физичар.

VII ДЕЛ

ХРОМАТОГРАФИЈА

Хроматографија (потекнува од грчкиот збор *khromatos* – боја и *grafia* – пишува) претставува физичко – хемиска метода која опфаќа повеќе подготвителни и аналитички методи, односно фази за раздвојување на смесите кои се состојат од две или повеќе компоненти заради нивна идентификација. Едната фаза е неподвижна со релативно голема површина и изразено апсорпциони карактеристики, додека другата е подвижна. Како метод хроматографијата е воведена во 1903 година од страна на Рускиот ботаничар Iswett, кој екстрактот од растително зеленило растворено во одредена смеса го пропушта низ стаклена епрувета наполнета со калциум карбонат. При тоа од врвот до дното на епруветата добил разделени колони и оваа метода ја нарекол хроматографија.

1. ХРОМАТОГРАФСКИ МЕТОДИ

Поделбата и класификацијата на хроматографијата е според начинот на кој се врши разделувањето на компонентите и според преносот на масата.

Според начинот на кој што се врши разделувањето на компонентите, хроматографијата се дели на рамнинска и хроматографија во колони.

Во рамнинската хроматографија спаѓаат хроматографија на хартија и тенкослојна хроматографија. Во хроматографијата во колони спаѓаат гасната, течната, јон – изменувачката и гелната хроматографија.

Според феноменологијата на пренос на маса, хроматографијата се дели на апсорпциона, распределбена, јонско – изменувачка и гелна хроматографија.

Двете фази кај апсорпционата хроматографија се гас – цврста и течна – цврста фаза и разделувањето на компонентите од испитуваната смеса се врши врз база на апсорпционите својства, т.е. селективната апсорпција на даден апсорбенс. Разделувањето на компонентите се одвива помеѓу подвижната и површината на неподвижната фаза.

Кај распределбената хроматографија двете фази се или гас – течност или течност – течност фаза. Разделувањето на компонентите од испитуваната смеса се

врши врз основа на различниот коефициент на распределба во однос на подвижната и неподвижната фаза.

Кај јонско – изменувачката хроматографија подвижната фаза е течност, додека неподвижната фаза е цврста супстанција. Врз основа на различните потенцијали на јонска измена, со овој вид на хроматографија се разделуваат јонските видови, односно катјоните и анјоните.

Гелната хроматографија е составена од вмрежени гелови со широк опсег на големината на порите кај цврстата фаза. Како растворувач вообичаено се користи вода или водени раствори. Овој метод се користи за раздвојување на молекули со голема молекуларна маса, односно одвојување на полимери.

Основната поделба на хроматографијата е врз основа на состојбата на подвижната и неподвижната фаза и се дели на гасна хроматографија доколку подвижната фаза е гас и течна хроматографија доколку подвижната фаза е течна.

1.1. Гасна хроматографија

Гасната хроматографија претставува физички метод на разделување на компоненти од некоја смеса помеѓу подвижната гасна фаза и неподвижната цврста или течна фаза. Во зависност од агрегатната состојба на неподвижната фаза, постојат два типа на гасна хроматографија и тоа гасно – апсорпциона хроматографија со ознака GSC и гасно – распределбена хроматографија со ознака GLC.

Кај гасно – апсорпционата хроматографија неподвижната фаза е активен цврст апсорбент, а основниот процес на разделување на компонентите од пробата е апсорпцијата. Кај гасно – распределбената хроматографија неподвижната фаза е тешко испарлива течност која е разлеана преку цврстата подлога која е со голема површина. Основните процеси во гасната хроматографија се апсорпција и распределба. При оваа постапка на хроматографија испитуваната смеса влегува во хроматографска колона и во неа се разделува на составните компоненти кои се со различно време на задржување во колоната како резултат на различната апсорпција кај гасно – апсорпционата хроматографија или различните вредности на коефициентот на распределба што е кај гасно – распределбената хроматографија. Со помош на гасна хроматографија се изведуваат квалитативни и квантитативни анализи на раздвоените компоненти и се определуваат голем број на физичко – хемиски и термодинамички параметри на испитуваната проба.

Гасниот хроматограф е инструмент чиј главен дел претставува термостатирана челична колона која е поставена во печка, каде што се остварува непосреден контакт помеѓу подвижната и стационарната фаза. Наполнета е со одреден носач на кој се нанесува стационарната фаза. Со микролитарски инјектор преку инјекторски блок се внесува пробата, додека со пламено – јонизациониот детектор се врши идентификација на процесот што се одвива во колоната за да потоа со интеграторот се снима и графички се прикажува во форма на хроматограм.

Целиот процес на добивање на гасен хроматограм трае помеѓу 10 до 20 минути.

Врз добивањето на регуларен хроматограм важна улога игра правилното внесување на пробата. Доколку пробата е течна или цврста таа се преведува во гасна фаза. Пробата се внесува во инјекторскиот блок по пат на инјектирање.

Хроматографската колона претставува систем во кој се врши разделувањето на испитуваната проба. Колку должината на хроматографската колона е поголема, ефикасноста значително се подобрува. За попрецизни мерења се употребуваат гасни хроматографи со поголеми должини.

При детекција во гасната хроматографија се користат методи како што се топлинска спроводливост, електрична спроводливост, потенциометриски титрации, радиоактивност, пламена фотометрија и фотојонизација, инфрацрвена и ултравиолетова спектрофотометрија, масина спектрометрија.

Регистраторите ги примаат информациите од засилувачот и истите го регистрираат хроматограмот, кои можат да бидат пишувачки, осцилоскопски.

Најголема примена на гасната хроматографија е можноста за брза и точна квантитативна анализа, додека за квалитативна анализа не е најпогодна од причина што податоците добиени од хроматограмот, кои се однесуваат на времето и волуменот на задржување, не се секогаш специфични големини за дадена супстанција. Најчесто со гасниот хроматограф се врши разделување на испитуваната проба на составните компоненти, а потоа нивна квалитативна анализа, но со други техники.

1.2. Течна хроматографија

Течната хроматографија, која уште се нарекува и високо резолуциона течна хроматографија со ознака HPLC, претставува метод каде што течните хроматограми користат колони наполнети со многу ситни честички од апсорбенс, односно носач на

статичната течна фаза. За да се овозможи проток на подвижната течна фаза низ колоната, неопходно е течната фаза во колоната да влегува под висок притисок и затоа овој тип на хроматографија се нарекува и хроматографија под висок притисок со ознака HPLC. Уредите за течна хроматографија овозможуваат висока ефикасност и голема брзина на разделување и анализирање.

Течната хроматографија може да биде течно – цврста апсорпциона хроматографија и течно – течна распределбена хроматографија. Колоните кај апсорпционата хроматографија се исполнети со апсорбенс во вид на ситни честички. Како апсорбенс се користи алуминиум оксид, кој е универзален и се употребува за сите видови органски соединенија, освен за јаглеводородите. За носители на стационарната фаза се користат силика гел, прашкаста целулоза, стаклен прав, силициум диоксид. За течности кои се дисперзираат на цврстиот носител во стационарната фаза се користат хидрофилни течности, како што се алкохоли, киселини, бази, гликоли, вода. За течна подвижна фаза се користи хидрофобен растворувач, како што се метанол, етанол, ацетонитрил, попанол.

Течностите во течниот хроматограф под висок притисок што служат како подвижна фаза се наоѓаат во резервоарот, каде што течната фаза се ослободува од растворливите гасови по пат на загревање, отстранување или користење на ултразвучно чистење. Течноста која што е ослободена од гасовите поминува низ филтерот и со помош на пумпа се уфрлуваат во колоната. Колоната и детекторот се со термостат и откако компонентите излегуваат од колоната се одделуваат во колекторот, при тоа регистрирајќи се на регистраторот кој исцртува хроматограм. На апсцисата се прикажува ретенционото време или волумен, додека на ординатната оска се прикажува концентрацијата на изолираната супстанција.

Хроматографската колона за овие системи се прави од не'рѓосувачки челик со различни димензии (должина од 50 до 100 cm и дијаметар на отворот од 2 до 5 mm и со должина од 14 m на серија од колони). Правилното и хомогеното полнење на колоните игра значајна улога за добивање на хроматограми. Исполнувањето на колоните со микрочестички се извршува преку доток на суспензија под висок притисок од 20 MPa. Заради високиот притисок што владее во системот, инјекторскиот систем кај течната хроматографија е посложен од оној кај гасната. Затоа со помош на специјални инјектори за високи притисоци, пробата преку преграда се инјектира во колоната.

Работата на детекторите кај течната хроматографија се базира на мерење на физичко – хемиски својства на раздвоените компоненти во флуентот, како што е

апсорпцијата на светлината во видливиот и ултравиолетовиот дел на спектарот, мерење на индексот на рефракција, диелектричните константи, електричната спроводливост, флуоресенцијата.

Во делот во кој ќе биде обработено истражувањето кое беше спроведено за потребите при изработката на Докторскиот труд, ќе бидат подетално презентирани методите и резултатите кои се добиени при реализација на истото во Министерството за внатрешни работи на Република Македонија, како и на останатите институции кои се тесно поврзани со оваа проблематика.

VIII ДЕЛ

МЕТОДСКИТЕ АСПЕКТИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА ВО ПЕРИОДОТ 2006 – 2011 ГОДИНА

За потребите на изработката на докторскиот труд се направи истражување во кое беа вклучени институциите во Република Македонија кои се директно или индиректно инволвирани во превенцијата, справувањето и евидентирањето на настаните поврзани со експлозивните материи и експлозиите како последица на истите. За таа цел реализирано е истражување во следните институции: Државниот завод за статистика, Дирекцијата за заштита и спасување, Царинската управа, Противпожарната бригада на град Скопје и Министерството за внатрешни работи.

1. ПОДАТОЦИ ОД ДРЖАВНИОТ ЗАВОД ЗА СТАТИСТИКА

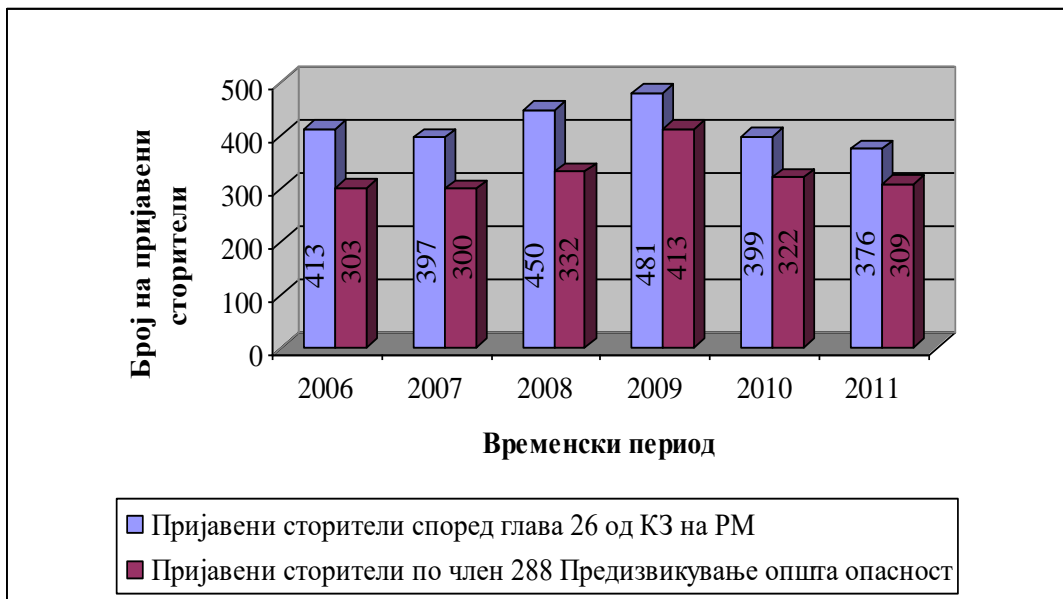
Државниот завод за статистика претставува²¹⁰ институција која во себе ги обединува податоците кои се сублимирани од чинителите во општеството кои се надлежни. Тука припаѓаат и податоците за сторени кривични дела кои се сторени со помош на експлозивни материи и при тоа како настан е предизвикано експлозија, или пак е заплнето одредено количество на експлозивни материи и експлозивни направи.

Истражувањето кое беше спроведено за периодот од 2006 – 2011 година ги даде следните резултати:

Период	Пријавени сторители за глава XXVI од КЗ на РМ	Пријавени сторители по член 288 Предизвикување општа опасност	Пријавени сторители за глава XXXIII од КЗ на РМ	Пријавени сторители по член 396 Недозволно изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материи
2006 г.	413	303	822	252
2007 г.	397	300	741	203
2008 г.	450	332	861	220
2009 г.	481	413	953	199
2010 г.	399	322	959	192
2011 г.	376	309	869	180

Табела 1. Табеларен приказ на вкупно регистрирани сторители на кривични дела во Република Македонија во периодот од 2006 – 2011 година

²¹⁰ www.stat.gov.mk



Дијаграм број 1. Пријавени сторители на кривични дела според глава 26 од КЗ на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

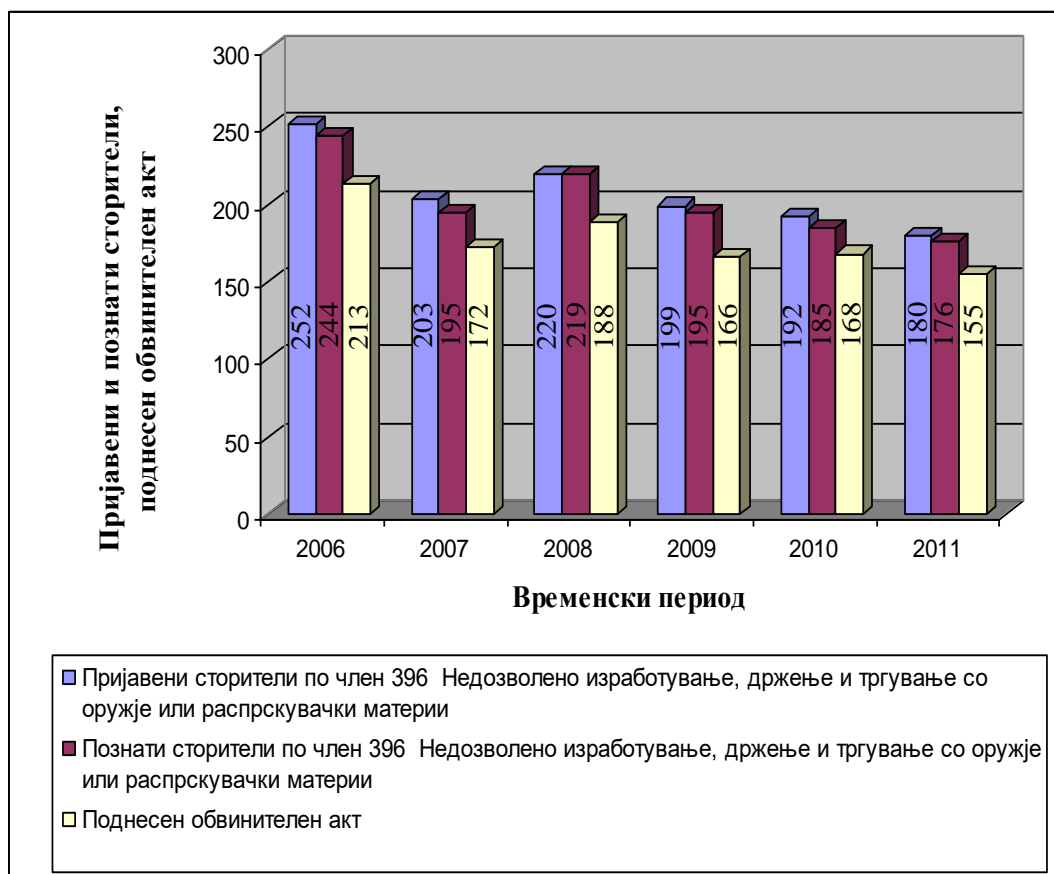


Дијаграм број 2. Пријавени сторители на кривични дела според глава 33 од КЗ на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

Во табелата број 1 и дијаграмите број 1 и 2 се прикажани податоците на вкупно регистрирани сторители на кривични дела во Република Македонија за периодот на истражување 2006 – 2011 година, кои во текот на истражувањето се добиени со помош на методот на анализа на содржината на документацијата од Државниот завод за статистика – област Правосудство. Со помош на овој метод се собрани нумерички и статистички податоци на пријавените сторители на кривични дела, кои истите ги имаат сторено со помош на експлозивни, односно распрскувачки материи и експлозивни направи и при тоа согласно Кривичниот законик на Република Македонија – глава 26 „Кривични дела против општата сигурност на луѓето и имотот“, член 288, сториле „Предизвикување на општа опасност“, а согласно глава 33 „Кривични дела против јавниот ред“, член 396 сториле кривично дело „Недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материи“.

Период	Пријавени	Познати сторители	Непознати сторители	Поднесен обвинителен предлог
2006 год.	252	244	8	213
2007 год.	203	195	8	172
2008 год.	220	219	1	188
2009 год.	199	195	4	166
2010 год.	192	185	7	168
2011 год.	180	176	4	155

Табела 2: Пријавени сторители и поднесен обвинителен предлог за кривично дело недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материи



Дијаграм број 3. Пријавени, познати и обвинети сторители на кривични дела според член 396 од КЗ на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

Во табелата број 2 и дијаграмот број 3 се прикажани пријавени, познати и непознати сторители на кривичното дело „Недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материи“, како и бројот на поднесен обвинителен предлог за истото дело.

Во споредба со пријавените сторители на кривични дела, постои разлика во бројката на познати и на сторители против кои е поднесен обвинителен предлог. Имено, во 84% од случаевите кога е сторено кривично дело е поднесен обвинителен предлог. Исто така, постојат сторители на кривични дела кои се непознати, а нивниот број изнесува околу 4% од вкупниот број на пријавени сторители на кривични дела. Оваа бројка на сторители на кривични дела кои се непознати за институциите припаѓа во т.н. „сива бројка на криминалитетот“, која во периодот за кој се однесува истражувањето изнесува помеѓу 3% и 4%.

Добиените податоци при истражувањето спроведено во рамките на Државниот завод за статистика укажуваат дека во Република Македонија се извршуваат кривични дела во кои се вклучени експлозивни материи и дека бројката на извршителите и кривично – правните настани произлезени како резултат на овој вид на кривични дела во периодот од 2006 – 2011 година не е воопшто за занемарување. Во тој поглед, борбата против овој вид на кривични дела мора да биде приоритет на институциите кои со закон се овластени, пред сè станува збор за Министерството за внатрешни работи. Зголемувањето на овој вид на кривични дела во време во кое опасноста кон Република Македонија доаѓа од сите страни преку асиметричните закани, борбата против тероризмот како глобален проблем, а во последно време преку бегалската криза, ја ставаат Република Македонија на мапата земји низ која транзитираат и при тоа со себе ја носат и опасноста од радикалниот ислам и Исламската држава, кои претставуваат силен индикатор и можност за извршување на кривични дела.

2. НАДЛЕЖНИ ОРГАНИ

2.1. Податоци од Дирекцијата за заштита и спасување

Согласно Законот за заштита и спасување²¹¹, Дирекцијата за заштита и спасување постои од 16.05.2005 година чија основна задача е заштита и спасување во Република Македонија, кое се организира како единствен систем за откривање и спречување на настанување и отстранување на последиците кои се настанати од природни непогоди и други несреќи. Овде спаѓаат експлозивните материи и експлозивните направи, а при истражувањето кое беше реализирано во институцијата, во изминатиот период, односно во периодот од 2006 – 2011 година, од страна на персоналот кој е дел од Секторот за планирање, организирање и справување со мерките за заштита и спасување и обука, реализирани се хумани уништувања на експлозивни материи и експлозивни направи, кои се пронајдени при градежни активности и имаат потекло од Првата светска војна. Исто така, реализирана е специјализирана операција на хумано деминирање на Охридското езеро, односно чистење на езерото од останати експлозивни направи кои имаат потекло од Првата и Втората светска војна. Реализацијата на овие активности е врз основа на Уредбата за

²¹¹ Сл. весник на РМ бр. 93/12.

спроведување на мерката заштита од неексплодирани убојни и други експлозивни средства²¹², во која се уредени планирањето, организирањето и спроведувањето на мерката заштита од неексплодираните убојни и други експлозивни средства, активностите кои се во функција на превенцијата, преземањето на мерки и активности во случај на непосредна опасност, за време на траење на опасноста и мерки и активности во отстранувањето на последиците, при тоа вклучувајќи го и уништувањето на неексплодираните убојни и други експлозивни средства, потоа Стандардните оперативни процедури за заштита од неексплодирани убојни и други експлозивни средства²¹³, кои претставуваат збир на постапки кои се преземаат за заштита од неексплодирани убојни и други експлозивни средства и Стандардните оперативни процедури за хуманитарно подводно деминирање²¹⁴, кои претставуваат дел од стратегијата за развој на Регионалниот совет за противмински акции на Југоисточна Европа (SEEMACC), со цел санирање на загаденоста и отстранување на опасноста на морското, езерското и речното дно од мини, други неексплодирани убојни и експлозивни средства кои се заостанати од I и II Светска војна, како и другите вооружени конфликти на територијата на Југоисточна Европа, вклучително и Република Македонија.

2.2. Податоци од Царинската управа

Царинската управа²¹⁵, Законот за царинска управа²¹⁶, Царинскиот закон²¹⁷ и останатите закони и прописи претставуваат основата со која се уредуваат правата и обврските преку непосредно извршување на законите и прописите, како и работите кои спаѓаат во делокругот на Царинската управа. Во делокругот на Царинската управа спаѓаат и царинскиот надзор, царинска контрола, спречување и откривање на царинските прекршоци, спречување на кривични дела, криумчарење, контрола на увезена стока, во кое спаѓа и недозволено внесување на експлозивни средства. Заради својата специфичност, особено при обидите за нелегално внесување и изнесување на недозволените експлозивни средства, Царинската управа во својата организациска и

²¹² *Сл. весник на РМ бр. 101/10.*

²¹³ Акт на Дирекцијата за заштита и спасување број 10-1760/1 од 07.05.2010 година.

²¹⁴ Акт на Дирекцијата за заштита и спасување од јануари 2010 година.

²¹⁵ *Сл. весник на РМ бр. 25/92.*

²¹⁶ *Сл. весник на РМ бр. 46/04.*

²¹⁷ *Сл. весник на РМ бр. 39/05.*

формациска структура има Сектор за контрола и истраги, во чиј состав се наоѓа Одделението за истраги. Со помош на Мобилната царинска управа и Одделението за царинско разузнавање, нивото на заштита од внесување во Република Македонија или изнесување од Република Македонија на експлозивни материи и експлозивни направи е високо и невозможно е да се врши криумчарење и шверц, бидејќи на Царинарниците и Царинските испостави се поставени скенери со чија помош се врши откривање на експлозивни материи.

2.3. Истражување на експлозиите и експлозивните материи спроведено на Територијалните противпожарни единици на територијата на Република Македонија во периодот од 2006 до 2011 година

Истражувањето на експлозиите во Република Македонија е врз основа на статистички податоци, односно врз основа на структурата на податоци кои ја даваат општата слика на експлозиите, причините, материјалните штети, последиците по животот на луѓето и околината.

Методологијата на обработка на податоци е заснована на избор на група индикатори кои доведуваат до експлозии преку кои се прикажува загрозеноста на луѓето, домовите, работната средина, животната средина, материјалните штети, еколошките проблеми, како и креирањето на политики кои се поврзани со безбедноста, криминалната политика, заштита на животната средина и сл.

Примената на квантитативниот метод е значајно посебно за истражување каде што постојат масовни појави како процеси и облици на експлозии каде што се вклучуваат надлежни државни органи и други организации. Овој метод е во корелација на појавите, структурите, распространетоста, интензитетот, зачестеноста итн. Резултатите кои се добиваат при истражувања со примена на квантитативен метод се соопштуваат нумерички во облик на табели, графикони, скици или на карти. Предноста на квантитативната анализа во однос на квалитативната е во појасното, поедноставното и поцелосното објаснување на истражуваната појава. Овој метод овозможува и систематична расправа за голем број причински чинители преку

одредувањето и статистичката проверка на односите што го сочинуваат истражувачкиот проблем.²¹⁸

Овој метод овозможува изработка на трајни записи со компјутерска обработка на собраните податоци, прецизна обработка и интерпретација на податоците за даден временски период.

Квантитативните податоци се резултат на редовни годишни статистички обработки на Територијалните противпожарни единици (ТППЕ) на Република Македонија. Република Македонија со својата површина од 25.713 km² и број на жители 2.022.547 врз основа на податоците од пописот на населението од 2002 година, поделена е на осумдесет урбани и рурални општини. Во делот на интервенциите ја сочинуваат следните субјекти кои се справуваат со настанати експлозии: на територијата на град Скопје надлежна е Бригадата за противпожарна заштита на град Скопје. Поради сложеноста на градот и големата територија на покривање од 225 km², бригадата е екипирана, систематизирана, технички опремена и лоцирана во еден главен центар во населбата Автокоманда и четири потцентри во населбите Бит пазар, Тафталице, Ѓорче Петров и Драчево; на територијата на општина Куманово надлежна е Територијалната противпожарна единица – Куманово; на територијата на општина Крива Паланка надлежна е Територијалната противпожарна единица – Крива Паланка; на територијата на општина Кратово надлежна е Територијалната противпожарна единица – Кратово; на територијата на општина Пробиштип надлежна е Територијалната противпожарна единица – Пробиштип; на територијата на општина Злетово надлежна е Територијалната противпожарна единица – Злетово; на територијата на општина Велес надлежна е Територијалната противпожарна единица – Велес; на територијата на општина Свети Николе надлежна е Територијалната противпожарна единица – Свети Николе; на територијата на општина Штип надлежна е Територијалната противпожарна единица – Штип; на територијата на општина Кочани надлежна е Територијалната противпожарна единица – Кочани; на територијата на општина Винаца надлежна е Територијалната противпожарна единица – Винаца; на територијата на општина Македонска Каменица надлежна е Територијалната противпожарна единица – Македонска Каменица; на територијата на општина Делчево надлежна е Територијалната противпожарна единица – Делчево; на територијата на општина Берово и општина Пехчево надлежна е Територијалната

²¹⁸ Стојчев В., „Методологија на воените науки“, Воена академија „Генерал Михаило Апостолски“, Скопје, 2004.

противпожарна единица – Берово; на територијата на општина Радовиш надлежна е Територијалната противпожарна единица – Радовиш; на територијата на општина Струмица надлежна е Територијалната противпожарна единица – Струмица; на територијата на општина Гевгелија и општина Дојран надлежна е Територијалната противпожарна единица – Гевгелија; на територијата на општина Валандово и општина Богданци надлежна е Територијалната противпожарна единица – Валандово; на територијата на општина Кавадарци надлежна е Територијалната противпожарна единица – Кавадарци; на територијата на општина Неготино и општина Демир Капија надлежна е Територијалната противпожарна единица – Неготино; на територијата на општина Прилеп надлежна е Територијалната противпожарна единица – Прилеп; на територијата на општина Битола надлежна е Територијалната противпожарна единица – Битола; на територијата на општина Ресен надлежна е Територијалната противпожарна единица – Ресен; на територијата на општина Охрид надлежна е Територијалната противпожарна единица – Охрид; на територијата на општина Струга надлежна е Територијалната противпожарна единица – Струга; на територијата на општина Гостивар надлежна е Територијалната противпожарна единица – Гостивар; на територијата на општина Дебар надлежна е Територијалната противпожарна единица – Дебар; на територијата на општина Кичево надлежна е Територијалната противпожарна единица – Кичево; на територијата на општина Тетово надлежна е Територијалната противпожарна единица – Тетово; на територијата на општина Македонски Брод надлежна е Територијалната противпожарна единица – Македонски Брод; на територијата на општина Демир Хисар надлежна е Територијалната противпожарна единица – Демир Хисар; на територијата на општина Крушево надлежна е Територијалната противпожарна единица – Крушево. Дел од помалите општини кои немаат Територијални противпожарни единици, интервенциите при евентуално настанати експлозии се во надлежност на соседна поголема општина, како што е случајот со општините Боговиње, Брвеница, Јегуновце, Теарце и Желино, кои се во надлежност на Територијалната противпожарна единица – Тетово.

За методските аспекти на истражувањето на експлозиите и експлозивните материи се обработени потребните податоци од книгите за евиденција на експлозиите, статистичките листови за експлозија од Бригадата за противпожарна заштита на град Скопје и Територијалните противпожарни единици на општините во Република Македонија за периодот од 2006 до 2011 година. Резултатите од спроведеното

истражување се презентирани во облик на табели со нумерички податоци и во облик на графикони.

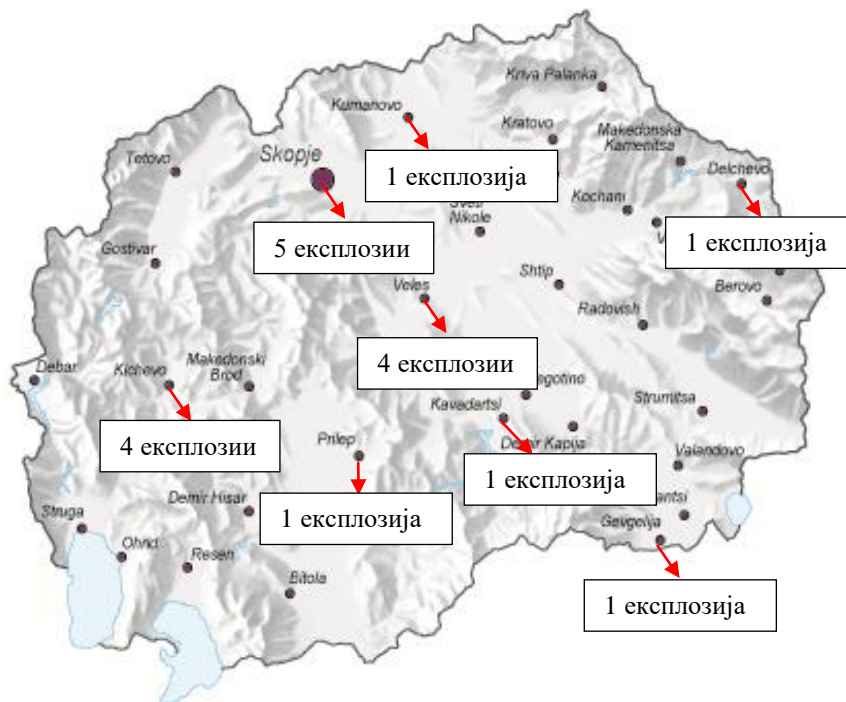
Во докторскиот труд се презентирани податоци за градот Скопје за периодот од 2006 до 2011 година, преку кои може да се видат резултатите од истражувањето за предметните години. Истата постапка од истражувањето е спроведена и за останатите општини во Република Македонија во однос на темата на ова истражување. Меѓутоа, поради обемноста и сложеноста на материјалот од истражувањето се прикажани збирни податоци, направен е приказ на споредбени податоци по општини, по принципот на прикажаните резултати од истражувањето за град Скопје.

Од сумираните резултати на спроведеното истражување се евидентни интересни податоци за одредени променливи и варијабли, регистрирани од страна на Територијалните противпожарни единици во Република Македонија, кои ќе бидат искористени за заклучокот на докторскиот труд.



Слика бр. 1. Регистрирани настани – експлозија на територијата на Република Македонија за период на истражување 2006 – 2011 година

★ - Регистриран настан – експлозија

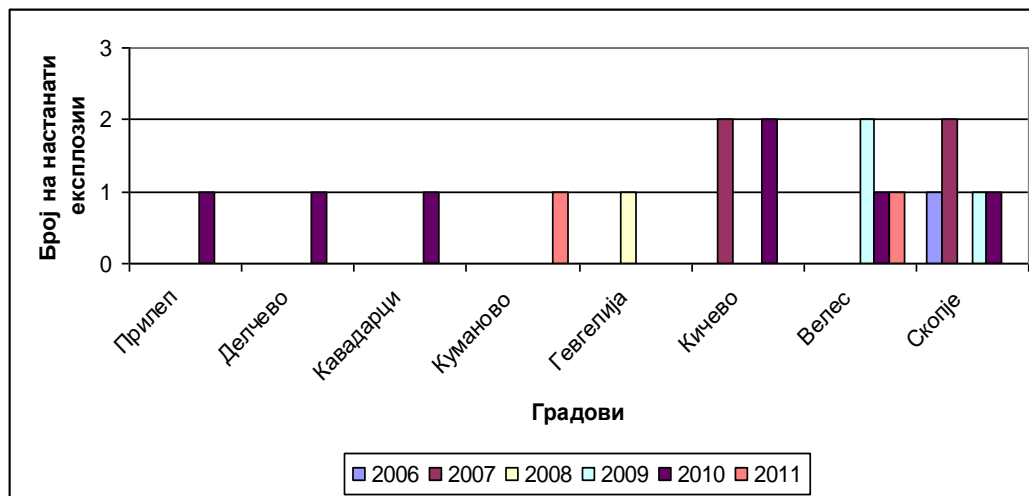


Слика бр. 1а. Регистрирани настани – експлозија на територијата на Република Македонија за период на истражување 2006 – 2011 година

На сликите број 1 и 1а се претставени настаните во Република Македонија кои се регистрирани како експлозија. Во истражуваниот период беа опфатени Територијалните противпожарни единици кои ја покриваат целокупната територија на Република Македонија. Методологијата на обработка на податоците е заснована врз примена на квантитативниот метод, односно користењето на сèвкупните податоци, кои се во корелација со појавите, структурите, интензитетот, распространетоста и зачестеноста на истите од аспект на Територијалните противпожарни единици во Република Македонија. Доколку се погледне мапата на регистрирани настани, при тоа земајќи ги во предвид причините за настанување на експлозии, се добива една структура на настаните која не е тесно поврзана со стапката на криминалитет во одреден дел од државата, густината на населеност, техничко – технолошкиот развој на регионот итн.

На дијаграмите бр. 4, 5, 6 се прикажани податоци за бројот на настанати експлозии на територијата на Република Македонија регистрирани во општинските Територијални противпожарни единици според видот на објектот (приватен објект, стопански објект, угостителски објект, сообраќајни средства), видот на експлозиите

(физички, хемиски), причините за настанување (човечки фактор, надворешни фактори), начинот на настанување во период од 2006 до 2011 година.



Дијаграм бр. 4. Број на настанати експлозии на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

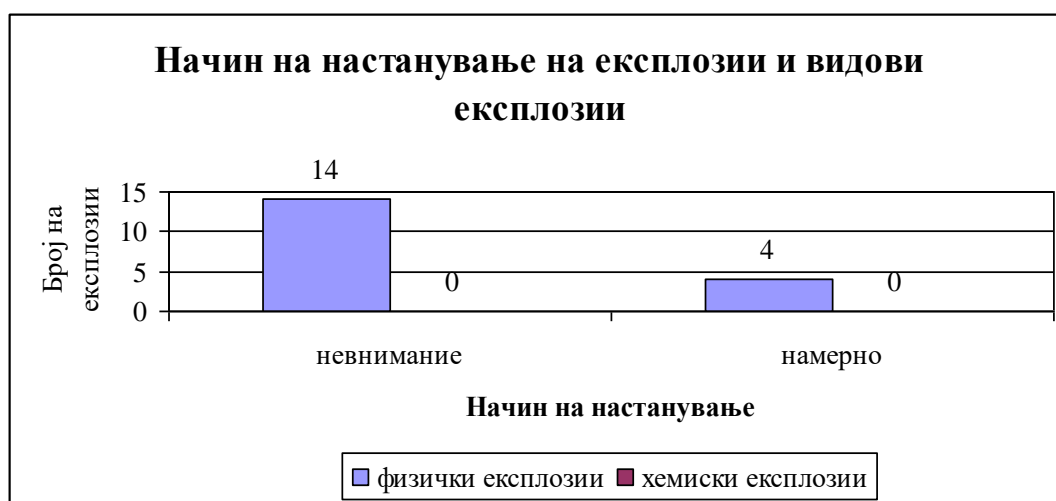
На Дијаграмот бр. 4 е прикажан бројот на настанати експлозии на територијата на Република Македонија во период 2006 – 2011 година. Најголем број на експлозии од вкупно 18 настанати имало: на територија на град Скопје 5, на територија на општина Велес 4, исто како и на територија на општина Кичево, додека во општините Прилеп, Делчево, Кавадарци, Куманово и Гевгелија има настанато по 1 експлозија. Споредено по години, најмногу регистрирани настани на експлозии по години имало во 2010 година – 7 експлозии, во 2007 година – 4 експлозии, во 2009 година – 3 експлозии, во 2011 година – 2 експлозии, во 2006 година и 2008 година – по 1 експлозија.



Дијаграм бр. 5. Број на настанати експлозии според видот на објектите и начин на предизвикување

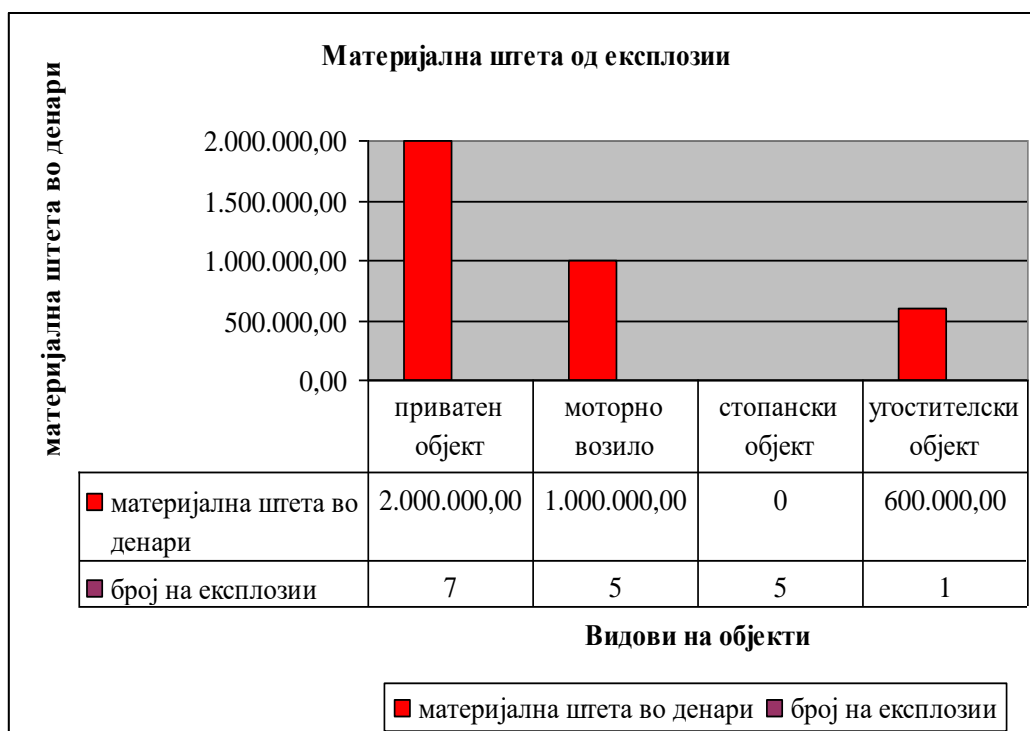
На Дијаграмот бр. 5 се прикажани бројот на настанати експлозии според видот на објектите. Од вкупно 18, најмногу експлозии има настанато во приватни објекти за домување 7, потоа во стопански објекти и експлозии на моторни возила по 6, додека во угостителски објект има настанато 1 експлозија.

Она што беше напоменато претходно е прикажано на Дијаграмите број 4 и 5. Од вкупно 18 настани на експлозија кои се имаат случено на територијата на Република Македонија, поврзаност помеѓу нив нема, односно секој за себе е индивидуален случај. Заедничкото за нив е прикажано на Дијаграмот број 6, каде што 14 регистрирани настани на експлозија се предизвикани од невнимание на сторителите, додека 4 регистрирани настани се предизвикани намерно. Единствено што во тој период претставува загатка за претставниците на криминалистичката полиција е експлозијата која што е регистрирана во градот Кавадарци во 2010 година, а која што е настаната како резултат на пожар на стопански објект, односно ладилник за чување на храна. Објектот бил целосно уништен. При истражувањето е откриено дека објектот бил осигуран во Осигурителна компанија и дека заради настанатата штета сопствениците на објектот биле обесштетени, односно добиле исклучително висока сума на пари изразена во денари. При регистрирањето на овој случај, во статистичките листови на Територијалната противпожарна единица на град Кавадарци висината на штетата на објектот е неутврдена.



Дијаграм бр. 6. Начин на настанување на експлозиите на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

На Дијаграмот бр. 6 се прикажани начинот на настанување на експлозии. Од вкупно 18 експлозии, кои се настанати од физичка природа, како фактор се појавува човекот, кој како причина со своето однесување предизвикал 14 експлозии од невнимание, додека 4 се предизвикани со намера. Ова укажува на фактот дека 77,77% од настанатите експлозии се случиле како резултат на човеково невнимание и како главен фактор на настанувањето на експлозиите е човекот. Тоа значи дека примената на мерките за безбедност при работа многу малку се почитуваат, особено кога станува збор за дејностите каде што можноста за предизвикување на експлозија при невнимателно работење е многу висока. Вообичаено при намерното предизвикување на експлозии како мотив се јавуваат нерасчистените должничко – доверителски односи, како и можноста за добивање на голема сума на материјални финансиски средства од страна на Осигурителни компании, бидејќи објектите најчесто се осигурани од страна на стопанствениците и при евентуална несреќа настанатата штета е покриена во целост. Таков е претходно споменатиот случај во 2010 година со стопанскиот објект во градот Кавадарци.



Дијаграм бр. 7. Материјална штета настаната како последица од експлозиите на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

На Дијаграмот број 7 се прикажани материјалните штети изразени во денари кои се настанати како последица на предизвиканите експлозии, односно првичната проценка која што е направена веднаш по регистрираните настани. Станува збор за проценети вредности, но често пати вредностите првично не можат да се проценат, како резултат на прекумерното оштетување на објектите и неможноста да се утврди што сè е опфатено со експлозијата.



Дијаграм бр. 8. Време кога настанале експлозиите на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

Кога станува збор за временскиот период кога настанале експлозиите, од Дијаграмот број 8 може да се забележи дека најмногу експлозии настанале во временскиот период од 16:00 часот до 24:00 часот и тоа 13 експлозии или 72,22%, во временскиот период од 08:00 часот до 16:00 часот настанале 3 експлозии или 16,67% и во временскиот период од 24:00 часот до 08:00 часот настанале 2 експлозии или 11,11%. Најголемиот процент на настанати експлозии во периодот на истражување од 2006 – 2011 година се во временскиот период од 16:00 часот до 24:00 часот и тоа во вечерните часови. Според истражувањето, кај стопанските објекти тоа се должи на непочитувањето на мерките за безбедност и заштита при работа, бидејќи човечкиот фактор е причинител за овие несреќи, исто како и кај моторните возила, со исклучок на намерно предизвиканите настани, со тоа што освен непочитувањето на мерките за безбедност при управување со моторни возила кои превезуваат опасни материи или е

вграден уред кој може да предизвика експлозија, не се почитувани и сообраќајните правила и прописи.



Дијаграм бр. 9. Број на повредени лица и жртви од експлозиите на територија на Република Македонија во период 2006 – 2011 година

На Дијаграмот број 9 графички и нумерички е прикажан бројот на жртви и повредени лица како резултат на настанатите експлозии на територијата на Република Македонија во период од 2006 – 2011 година. Во градот Скопје како резултат на експлозија која се има случено во стопански објект има настрадано 1 лице, додека 3 лица се имаат здобиено со телесни повреди. Во градот Прилеп како резултат на експлозија на уред на гас има настрадано 1 лице, која се има случено во приватен објект кога при истекување на гас и искрење на електричен уред настанала експлозијата. Во градот Делчево, жртва на експлозија е возач на возило кое има транспортирано опасни материи, а која настанала како резултат на откажување на сопирачките на возилото и предизвикување на сообраќајна несреќа и подоцна предизвикување на експлозија.

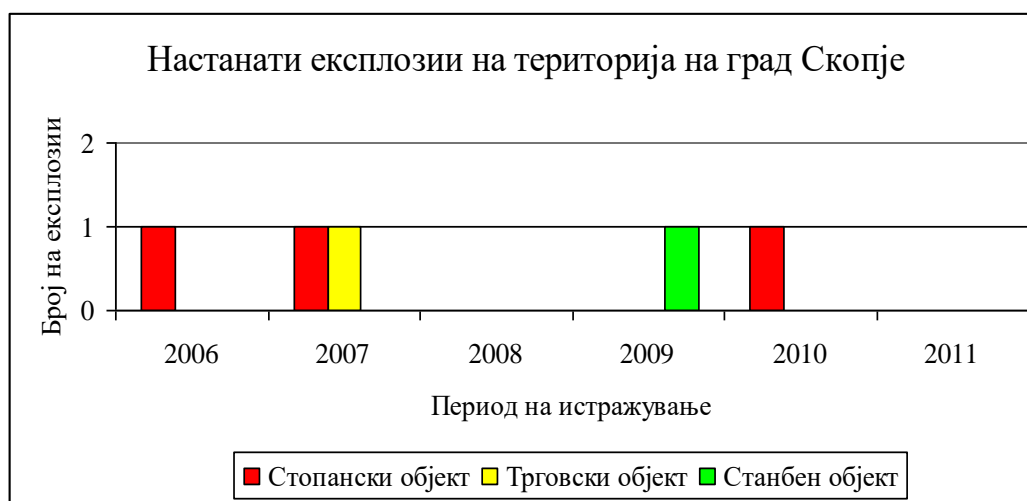
2.4. Експлозии на територијата на град Скопје во период од 2006 до 2011 година

Од спроведеното истражување во Бригадата за противпожарна заштита на град Скопје за настанати експлозии во период од 2006 до 2011 година се обработени следните податоци:

Ред. бр.	Експлозии	Број на експлозии	Причини за настанување
1	Стопански објект	3	човечко невнимание
2	Трговски објект	1	неисправна гасна боца
3	Станбен објект	1	неисправна гасна боца
	Вкупно	5	

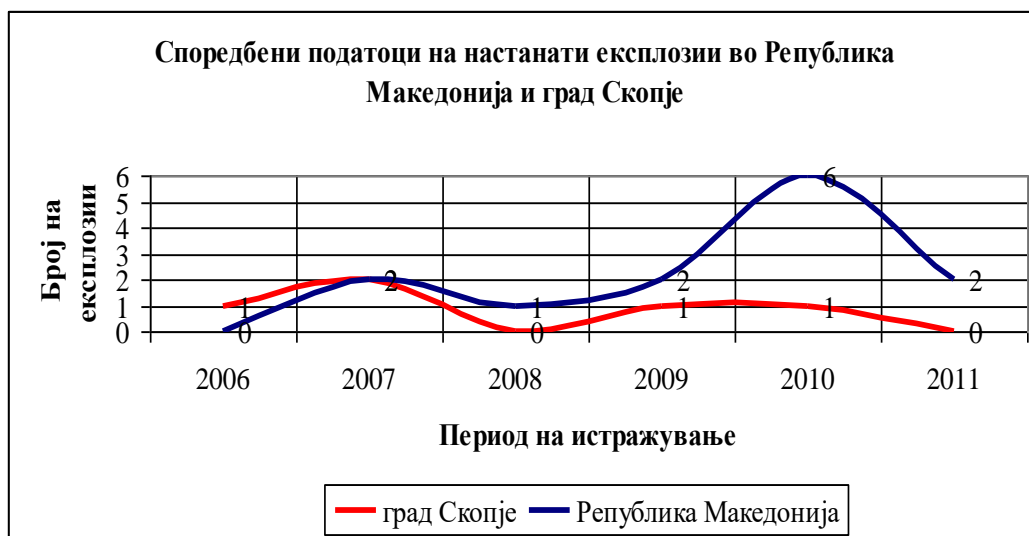
Табела бр. 3. Број на настанати експлозии и причини за настанување на територија на град Скопје во период 2006 – 2011 година

Во Табела бр. 3 е прикажан бројот на настанати експлозии и причините за настанување на територија на град Скопје во период 2006 – 2011 година. Од вкупно 5 настанати експлозии за истражуваниот период, 4 експлозии настанале на стопански и трговски објекти, додека 1 експлозија настанала во објект за домување. Човечкиот фактор претставува најголема причина за настанувањето на експлозиите, односно неисправноста на уредите со кои човекот ракува, неговата нестручност, како и непочитување на условите за заштита при работа при ракување и употреба на запаливи гасови (пропан – бутан и ацетилен), кои се пропишани и кои мора строго да се почитуваат.



Дијаграм бр. 10. Настанати експлозии на територија на град Скопје според видот на објектите во период 2006 – 2011 година

На Дијаграмот број 10 е прикажан бројот на настанати експлозии на територија на град Скопје за периодот на истражување 2006 – 2011 година. Најголем број на експлозии настанале во стопански објекти 3, во трговски објект настанала 1 експлозија, а тоа претставува 80% од вкупниот број на настанати експлозии, за разлика од настаната 1 експлозија во станбен објект, односно објект за домување.



Дијаграм бр. 11. Споредбени податоци на настанати експлозии на територија на Република Македонија и град Скопје во период 2006 – 2011 година

На Дијаграмот бр. 11 споредбено е претставена динамиката на експлозиите на територијата на Република Македонија и град Скопје во периодот на истражување, што всушност ја претставува споредбата на настаните кои се имаат случено. Интересен е податокот дека во 2010 година има најголем број на настанати експлозии – 7, од кои 1 на територија на град Скопје и 6 на територија на Република Македонија. Во 2006 година на територија на Република Македонија нема регистрирано настан на експлозија, додека на територија на град Скопје нема регистрирано настан на експлозија во 2008 и 2011 година.

2.5. Податоци од Министерството за внатрешни работи

Резултатите од анализата на експлозивните материи се поврзани со разрешување на кривични дела, каде што брзиот одговор понекогаш е од суштинско значење за решавање на случаи кои може да доведат и до поголеми катастрофи. Од овие причини потребно е да се применат едноставни, брзи, недеструктивни, но сепак прецизни и сигурни методи за форензичка анализа на експлозивните материи.

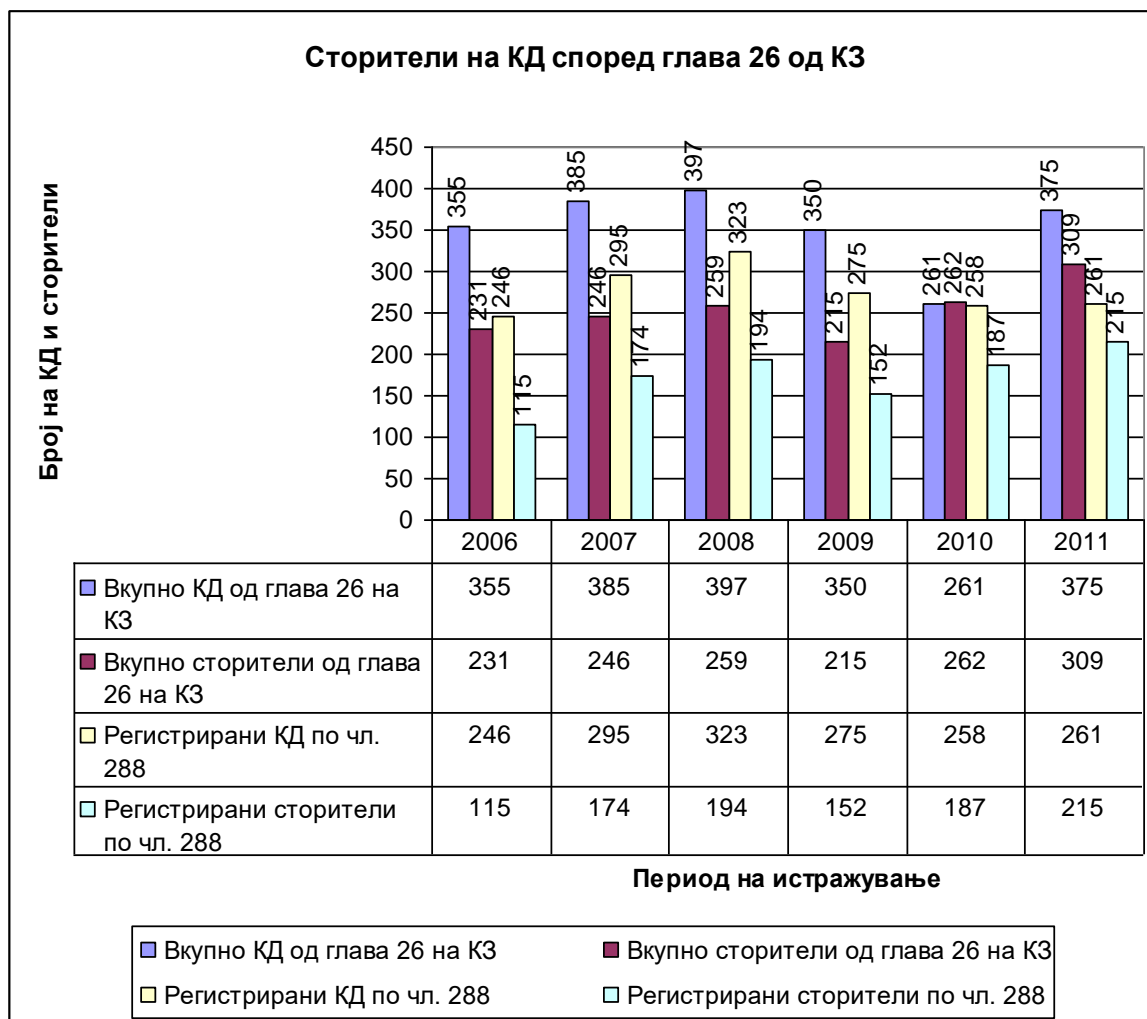
Имајќи ја предвид актуелноста и опасноста која следи од злоупотреба на експлозивните материи, реална е потребата од постојано изнаоѓање и усовршување на методите за нивна анализа. Во периодот од 2006 – 2011 година во Република Македонија согласно глава XXVI од Кривичниот законик на Република Македонија „Кривични дела против општата сигурност на луѓето и имотот“ се регистрирани вкупно 2123 дела и регистрирани вкупно 1522 сторители. Во истиот период регистрирани кривични дела според член 288 „Предизвикување општа опасност“ се регистрирани вкупно 1658 дела и регистрирани вкупно 1037 сторители.²¹⁹

Во табела број 4 и дијаграм број 12 се дадени вкупно регистрирани кривични дела и сторители во Република Македонија во периодот од 2006 – 2011 година.

Период	Вкупно дела за глава XXVI од КЗ на РМ	Вкупно сторители за глава XXVI од КЗ на РМ	Регистрирани дела по член 288 „Предизвикување општа опасност“	Регистрирани сторители по член 288 „Предизвикување општа опасност“
2006 година	355	231	246	115
2007 година	385	246	295	174
2008 година	397	259	323	194
2009 година	350	215	275	152
2010 година	261	262	258	187
2011 година	375	309	261	215
Вкупно	2123	1522	1658	1037

Табела 5. Табеларен приказ на вкупно регистрирани кривични дела и сторители во Република Македонија според глава 26 од КЗ на РМ во периодот од 2006 – 2011 година

²¹⁹ Одговор на барање бр.24.5 – 507 од 01.07.2015 година на Министерството за внатрешни работи на Република Македонија.



Дијаграм бр. 12. Графички приказ на вкупно регистрирани кривични дела и сторители во Република Македонија според глава 26 од КЗ на РМ во периодот од 2006 – 2011 година

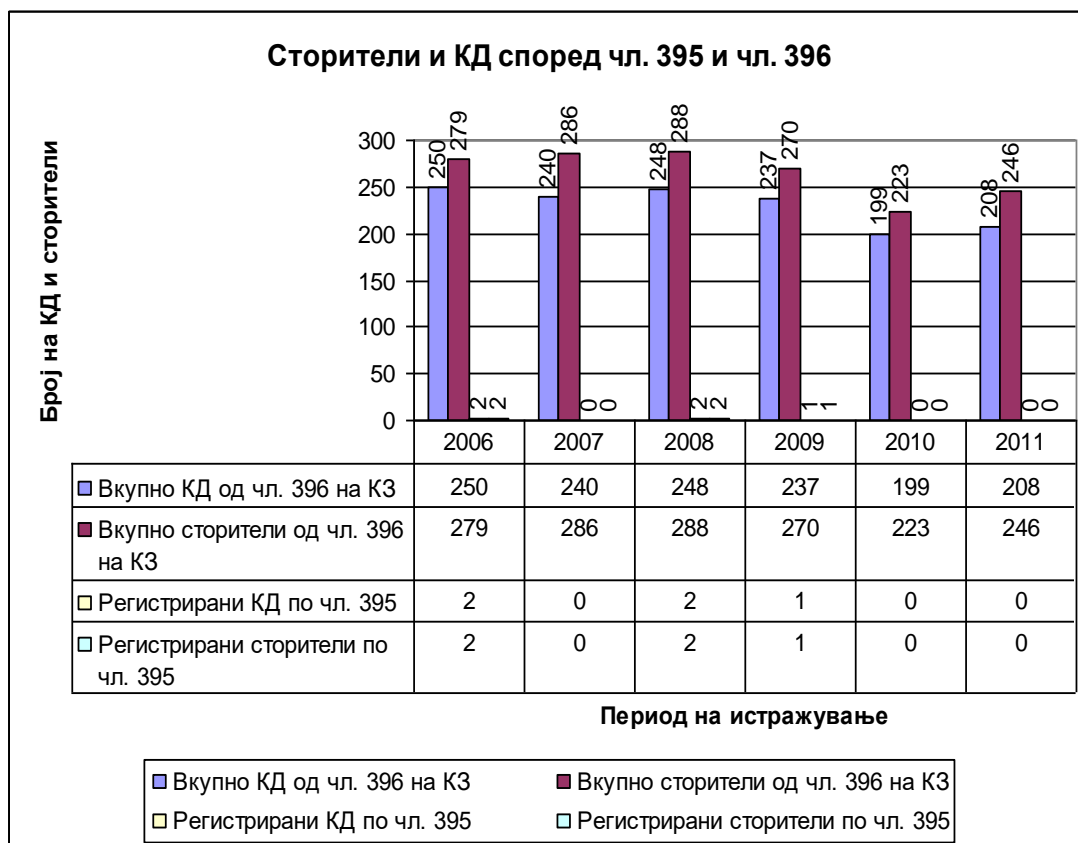
Во истиот период во Република Македонија согласно глава XXXIII од Кривичниот законик на Република Македонија „Кривични дела против јавниот ред“ се регистрирани вкупно 1382 дела и регистрирани вкупно 1592 сторители според член 396 „Недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материји“. Во истиот период регистрирани кривични дела според член 395 „Изработување и набавување оружје и средства наменети за извршување на кривични дела“ се регистрирани вкупно 5 дела и регистрирани вкупно 5 сторители.²²⁰

Во табела 6 и дијаграм број 13 се дадени вкупно регистрирани кривични дела и сторители во Република Македонија во периодот од 2006 – 2011 година.

²²⁰ Одговор на барање бр.24.5 – 690 од 23.09.2015 година на Министерството за внатрешни работи на Република Македонија.

Период	Вкупно регистрирани дела по член 396 „Недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материји“ од глава XXXIII од КЗ на РМ	Вкупно сторители по член 396	Вкупно регистрирани дела по член 395 „Изработување и набавување оружје и средства наменети за извршување на кривични дела“ од глава XXXIII од КЗ на РМ	Вкупно сторители по член 395
2006 год.	250	279	2	2
2007 год.	240	286	/	/
2008 год.	248	288	2	2
2009 год.	237	270	1	1
2010 год.	199	223	/	/
2011 год.	208	246	/	/
Вкупно	1382	1592	5	5

Табела бр. 6. Табеларен приказ на вкупно регистрирани кривични дела и сторители во Република Македонија според глава 33 од КЗ на РМ во периодот од 2006 – 2011 година



Дијаграм бр. 13. Графички приказ на вкупно регистрирани кривични дела и сторители во Република Македонија според глава 33 од КЗ на РМ во периодот од 2006 – 2011 година

Според прикажаното на дијаграмите број 12 и 13, се забележува дека на подрачјето на Република Македонија во периодот од 2006 – 2011 година кривични дела од овој вид се случуваат со несмален интензитет. Нивниот број укажува на тоа дека ова се кривични дела од сериозна природа и дека преставуваат статистички показател дека Република Македонија не е имуна на овој тип на криминалитет. Поврзаноста оди до таму што кривичното дело „тероризам“ по член 394 – б, кое е извршено во 2010 година од страна на двајца сторители е извршено со помош на експлозивни направи.

Покрај статистичките податоци, пристапено е чекор понапред во однос на утврдување на видот на експлозивните материи кои се користени како експлозивно полнење во дел од кривичните дела сторени на територијата на Република Македонија.

На 24.10.2006 година во Битола била активирана експлозивна направа, која при форензичка анализа е докажано дека станува збор за експлозивна материја – пентрит.

На 23.08.2007 година во с.Јурумлери, Скопско била активирана експлозивна направа, која при форензичка анализа е докажано дека станува збор за експлозивна материја – тринитротолуен (TNT).

IX ДЕЛ

ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

Од спроведеното истражување на Територијалните противпожарни единици во Република Македонија во врска со темата во докторскиот труд може да се заклучи следното:

1. На територијата на Република Македонија настанале 18 експлозии. Евидентирани се 14 настанати експлозии од невнимание или 77,77% и 4 намерно предизвикани или 22,23%.

2. При истражувањето е евидентирано дека од 4 намерно предизвикани експлозии, 2 или 50% се настанати на приватни моторни возила, 1 или 25% е настаната на стопански објект со цел предизвикување на голема материјална штета, која подоцна ќе биде надоместена од страна на осигурителни компании и 1 или 25% е настаната на приватен објект (подрумска просторија) при детонирање на направа со одредена количина на експлозивно полнење (петарда). Од настанатите експлозии од невнимание 14, на приватни објекти се евидентирани 6 или 42,85%, настанати експлозии на моторни возила се евидентирани 3 или 21,42%, настанати експлозии на стопански објекти се евидентирани 4 или 28,57% и 1 или 7,14% настаната експлозија е евидентирана на угостителски објект.

3. Од вкупно 18 настанати експлозии, 7 се во приватни објекти за домување или 38,88%, по 5 експлозии се настанати на моторни возила и стопански објекти или по 27,78% и 1 експлозија е настаната на угостителски објект или 5,56%.

4. Според годините на настанување на експлозии, најмногу експлозии 7 или 38,88% се настанати во 2010 година, додека 2006 и 2008 година настанале по 1 експлозија или по 5,56% во однос на вкупниот број на настанати експлозии.

5. Процентата материјалната штета од експлозиите изнесува 3.600.000,00 денари, со напомена дека на поголем дел од настанатата штета не е направена проценка на материјалната штета, иако штетите се големи.

6. Според времето на настанување на експлозиите, најмногу експлозии настанале во временскиот период од 16:00 часот до 24:00 часот и тоа 13 експлозии или 72,22%, во временскиот период од 08:00 часот до 16:00 часот настанале 3 експлозии или 16,67% и во временскиот период од 24:00 часот до 08:00 часот настанале 2 експлозии или 11,11%.

7. Како резултат на настанатите експлозии, 3 лица се имаат здобиено со телесни повреди, додека 3 лица се жртви.

Според податоците кои се добиени од спроведеното истражување во Министерството за внатрешни работи може да се заклучи следното:

1. Во периодот од 2006 – 2011 година во Република Македонија согласно глава XXVI од Кривичниот законик на Република Македонија „Кривични дела против општата сигурност на луѓето и имотот“ се регистрирани вкупно 2123 дела и регистрирани вкупно 1522 сторители. Во истиот период регистрирани кривични дела според член 288 „Предизвикување општа опасност“ се регистрирани вкупно 1658 дела и регистрирани вкупно 1037 сторители.

2. Во истиот период во Република Македонија согласно глава XXXIII од Кривичниот законик на Република Македонија „Кривични дела против јавниот ред“ се регистрирани вкупно 1382 дела и регистрирани вкупно 1592 сторители според член 396 „Недозволено изработување, држење и тргување со оружје или распрскувачки материи“. Во истиот период регистрирани кривични дела според член 395 „Изработување и набавување оружје и средства наменети за извршување на кривични дела“ се регистрирани вкупно 5 дела и регистрирани вкупно 5 сторители.

Преку заклучоците се сумира генералната цел на докторската дисертација во правец на научна и теоретска анализа и истражување на методските аспекти кои се применуваат во истражувањето на експлозиите и експлозивните материи во Република Македонија со посебен осврт на Министерството за внатрешни работи и Територијалните противпожарни единици. Презентирани се одделни заклучоци за споменатите субјекти каде се укажува дека во Република Македонија постојат услови за примена на соодветни методи за истражување на овие кривични дела, но дека исто така постојат огромни недостатоци, пропусти и слабости во делот на откривањето, расветлувањето и докажувањето на кривичните дела кои се настанати како резултат на експлозија.

Несоодветната, нееднообразна методологија во известувањето, евидентирањето и постапувањето на надлежните институции може да претставува многу сериозен недостаток во детерминирањето на чекорите кои треба да се преземат за да се обезбеди соодветно постапување при настанување на кривичното дело како безбедносна појава.

Научната и теоретска анализа, спроведеното истражување, интерпретацијата на податоците и дискусијата околу спорните прашања во оваа област неминовно доведоа

до идентификување на слабостите, недостатоците и пропустите во делот на откривањето, расветлувањето и докажувањето на кривичните дела.

Изработката на овој труд претставува голем предизвик, бидејќи станува збор за појава која во континуитет е актуелна и при тоа може да се заклучи дека институциите, со одредени потешкотии, успеваат да се справат со овој вид на кривични дела. Според истражувањата кои се спроведени, голема е разликата во однос на регистрираните кривични дела и откриените сторители според податоците на Министерството за внатрешни работи и податоците на Територијалните противпожарни единици и тоа укажува на различните методи на истражување кои ги применуваат овие институции. Феноменологијата на употребата на експлозивните материи следи тренд на напредок на технологијата, па оттука и примената на нови, современи методски аспекти на нивно истражување претставува клуч за успешно криминалистичко истражување и справување со експлозивните материи. Самата експлозија е резултат на одредени закономерности и со примена на современи методи при нејзино истражување може да се дојде до посакувани резултати, а тоа е нивно откривање, расветлување и докажување.

Евидентно е дека соработката помеѓу надлежните институции во справувањето со овој вид на криминал е исто така важен фактор во негово истражување. Секоја институција која се справува со овој вид на криминалитет мора да ги планира, координира и синхронизира своите активности, бидејќи секоја некоординираност доведува до примена на задоцнети, несоодветни и нецелосни методи при истражување.

Во Република Македонија е детектирано дека сè уште постојат голема количина на нелегално оружје, минско – експлозивни средства и хемиски средства. Иако Република Македонија ја има потпишано и ратификувано Конвенцијата од Отава, сепак истата не е во целост спроведена и тоа претставува голем проблем за државата, бидејќи со нејзиното практично неспроведување, оставена е можност за нелегалните експлозивни материи да бидат употребени во кривични дела, кои потоа многу тешко се откриваат, расветлуваат и докажуваат.

Препораките се систематизирани на тој начин што при остварувањето на крајната цел, а тоа е откривањето, расветлувањето и докажувањето на кривичното дело, неопходно е подобрување на мерките и активностите кои треба да бидат земени во предвид за развивање, јакнење и унапредување на заедничката соработка помеѓу

субјектите задолжени за справување со кривичното дело и примената на современите методи при истражувањето на истото.

Целта на истражувањето беше да се дојде до конкретни решенија и предлози во примена на современи методи при истражување на експлозии и експлозивни материи во Република Македонија преку идентификување на современите методи на извршување на кривичните дела. Како резултат на тоа се јавува потреба од понудување на конкретни решенија за нивно откривање, расветлување и докажување.

Препораките од спроведеното истражување се во корелација со дадените хипотези при подготовка на изработка на докторскиот труд, а се однесуваат на:

1. Според поставените хипотези и според добиените резултати од истражувањето се потврдува тезата дека само преку координирана, контролирана и организирана соработка со надлежните субјекти за заштита, отстранување, неутрализирање и истражување на настанатите експлозии и експлозивни материи, преку изградба на капацитети кои овозможуваат соодветно современо функционирање на институциите, особено криминалистичката полиција и противпожарните единици, ќе се постигне целта за откривање, спречување и докажување на овој вид на криминалитет во Република Македонија.

Од особена важност е меѓусебната соработка на надлежните субјекти. Некоординираноста, често пати проследена со неорганизираност на институциите во делот на откривањето, истражувањето и докажувањето на настанатите експлозии и експлозивните материи кои довеле до експлозија придонесува многу случаи да бидат неоткриени или пак делумно откриени. Ненавремените активности кои се преземени од субјектите се проследени со несоодветни методи кои се применети при истражувањето. Често пати институциите преземаат мерки и активности со големо задоцнување или пак воопшто немаат преземено соодветни мерки и активности, а тоа се должи, пред сè на нецелосно имплементирање на стандардните оперативни процедури (СОП). Стандардните оперативни процедури претставуваат воспоставени или пропишани методи што треба да се следат рутински за истражување на експлозиите и експлозивните материи т.е. претставуваат пишани методи за спроведување во пракса со цел да се добие посакуваниот исход, во конкретниот случај одредување на правците и основните теоретски поставки, како и криминалистичките средства, начини и методи на секоја посебна криминалистичка методика за откривање, докажување, разјаснување и спречување на овој вид на криминалитет. Стандардните оперативни процедури претставуваат т.н. чекор по чекор процедури кои треба да се

презemat, а се од клучно значење во истражувањето на експлозиите и експлозивните материи.

Стандардните оперативни процедури уште се нарекуваат протоколи, инструкции. Со цел добивање на крајниот посакуван исход, а тоа е воспоставување на координирана, контролирана и организирана соработка на надлежните институции, потребно е воведување на методски стандардни оперативни процедури, кои би го опишувале методот на истражување, кој секогаш треба да биде недвосмислен.

Меѓутоа, често пати заради различните криминални ситуации, начинот на извршување на кривичното дело (*modus operandi*), временските прилики како астрономска, метео појава и период од годината, конфигурацијата на земјиштето и слично, стандардните оперативни процедури претставуваат начелни насоки, кои не треба секогаш да се применуваат чекор по чекор, како што беше претходно нагласено. Секој оперативен работник ќе може да постапи согласно конкретната криминалистичка ситуација;

2. Постојано унапредување на постојните простории со цел соодветно чување на експлозивните материи и преземање на соодветни мерки на заштита за нивна соодветна употреба. Експлозивните материи, без оглед на тоа во која агрегатна состојба се наоѓаат, потребно е да бидат соодветно складирани со преземање на сите безбедносни мерки за таа цел. Доколку не бидат преземени сите потребни мерки на заштита, како што се соодветни простории кои треба да исполнуваат одредени услови, а тоа се соодветна влажност на воздухот, температура на просторијата и сл., тогаш постои голема веројатност да под дејство на одредени надворешни влијанија дојде до хемиска реакција, каде што последиците најчесто се фатални, како што е предизвикување на согорување, детонација, дефлаграција, експлозија и сл.

Исто така, соодветното транспортирање на опасните материи претставува предуслов за одбегнување на несакани последици. Тоа опфаќа преземање на мерки и активности, како што се: редовно вршење на технички преглед со примена на најстроги критериуми при проверка на возилото, со што би се употребувале технички исправни моторни возила за транспорт на опасни материи, без оглед на нивната агрегатна состојба, бидејќи во истражуваниот период е утврдено дека едно лице е жртва на експлозија како резултат на технички неисправно возило, односно откажување на системот за сопирање. Приоритет треба да бидат редовните медицински прегледи на лицата кои управуваат моторни возила кои превезуваат опасни материи, вршење на редовни и по потреба и вонредни контроли на просториите каде што се чуваат

експлозивни материи, нивната употреба, особено во стопанството да биде под надзор на стручни лица, со технички исправни средства и познат хемиски состав на самата материја. Импровизациите треба да бидат најстрого забранети исто како и употребата на несоодветни експлозивни материи и експлозивни материи кои се технички неисправни и со непознат состав.

Непочитувањето на мерките за заштита при работа со експлозивни материи во истражуваниот период особено беше забележано кај угостителските објекти, бидејќи експлозии се случуваа во оние објекти каде што како резултат на неисправна инсталација, при доаѓањето во допир со гасовитите продукти (гас наменет за домаќинство), резултатот најчесто е експлозија.

Несоодветната употреба се должи на несоодветните услови за работа, а тоа значи дека преземањето на мерки и активности за заштита при работа е од врвен приоритет, како што се соодветно чување, соодветна употреба на експлозивните материи со цел одбегнување на настанување на експлозии;

3. Конвенцијата од Отава, која е ратификувана и од страна на Република Македонија, односно нејзините прописи мора да се почитуваат во целост. Голем е бројот на присутни нелегални експлозивни материи (минско – експлозивни средства) и хемиски средства кои во досегашниот период се користени за извршување на кривични дела. Меѓутоа, за да може да се уништат овие експлозивни материи, потребен е соодветен стручен тим, составен од екипа и опрема, кои ќе можат да го спроведат уништувањето на овие материи. Освен уништувањето на нелегалните експлозивни материи, потребно е уништување на експлозивни материи кои се наоѓаат во полицијата и армијата (во армијата станува збор за стопански експлозивни материи витезит и амонал кои имаат ограничен рок на употреба, додека другите експлозивни материи рокот на употреба не е ограничен, но колку се постари се намалува нивната бризантност), а кои се со поминат рок на употреба;

4. Усовршување на методологиите за евидентирање и обработка на податоците за настанати експлозии и експлозивните материи кои доведуваат до експлозија. Од особена важност е методологиите да бидат унифицирани за сите институции и истите да бидат ставени во база на податоци која ќе биде достапна за сите институции од следните причини: со евидентирањето и обработката на податоците за настанати експлозии, освен статистички податок, истото претставува можност за креирање на превентивни мерки во однос на видот на настанати експлозии, под кои услови се настанати, каков е хемискиот состав на експлозивните материи кои довеле до

настанување на експлозии, какви последици предизвикуваат експлозиите, кои карактеристики ги има (методот на извршување и прикривање на кривичното дело, криминалната ситуација, трагите на кривичното дело, личноста на сторителот и жртвата).

Со реализација на аналитичка обработка на собраните податоци и евиденции за настаните експлозии, добиените резултати можат да се искористат за подобрување на превенцијата, предлози за измени и дополнувања во спроведувањето на одредени оперативно – тактички и истражни дејствија во процесот на разоткривање на кривичните дела од овој вид и дополнувања на легислативата која ја уредува областа на експлозиите и експлозивните материи;

5. Стручно оспособување и усовршување на кадарот кој се ангажира, имплементирање на современи методи и техники во истражување на експлозиите и експлозивните материи согласно начинот на примена во развиените земји од светот. Со научната наобразба, теоретска и практична, персоналот кој е вклучен во процесот на истражување на експлозиите и експлозивните материи добива можност да ги имплементира современите методи на истражување, како што се: научниот метод (теоретско познавање на материјата од одредена област, следење на научните достигнувања и потоа нејзино научно толкување и објаснување), методот на дескрипција, методот на анализа и синтеза, индуктивниот и дедуктивниот метод. Исто така, современите методи кои се применуваат при истражувањето на експлозиите и експлозивните материи ќе овозможат откривање на истите и нивно соодветно анализирање. Методи и техники кои даваат соодветни резултати при анализа на експлозивни материи пред и после настаната експлозија се стерео микроскопските испитувања, хемиските колор тестови, тенкослојната хроматографија, додека за квалитативна анализа на експлозивните материи се користат аналитички техники, во кои спаѓаат гасната хроматографија, гасната хроматографија со масена спектрометрија, Фурие трансформната инфрацрвена спектроскопија, микро – раманската спектроскопија, флуоросцентната анализа на X – зраците, дифракција на X – зраците, енергетски дисперзивен спектрометар. Дел од техниките и методите кои се применуваат во откривање и осветлување на кривичните дела од овој вид се деструктивни, што значи дека примерокот за анализа се уништува и не може да се користи за понатамошна анализа со други методи. Соодветни аналитички недеструктивни техники и методи кои се користат за вештачење на остатоци од експлозивни материи спаѓаат поларизирачката микроскопија, стерео микроскопијата и

раманската микроскопија. Сето ова погоре споменато укажува на фактот дека само високо стручен едуциран и оспособен кадар со високо познавање на методите и техниките кои се применуваат при истражувањето на остатоците од експлозиите и експлозивните материи може соодветно да одговори во расветлувањето на кривичните дела од овој вид;

6. Воспоставување на единствен оперативен центар за прием на повикот за настаната експлозија, известување до соодветните институции, координација, синхронизација и контрола на институциите вклучени во системот за справување со овој вид на кривични дела. Од особена важност е формирање на единствен оперативен центар кој би бил вклучен во системот 24/7 со единствен повикувачки телефонски број, од причина што само на тој начин се доаѓа до унифицирање на постапката за прием на повикот и потоа негово проследување и синхронизација до надлежната институција (бригада за противпожарна заштита, Министерство за внатрешни работи, итна медицинска помош, Центар за управување со кризи, Дирекција за заштита и спасување и останати субјекти вклучени во системот за рано предупредување и превенција). Со самиот факт што речиси едновременно ќе бидат алармирани соодветните институции, би се скратило времето за соодветна и навремена интервенција, кое што многу пати се има покажано како клучен фактор во делот на обезбедување на траги од извршеното кривично дело, негово откривање, докажување и разјаснување.

Следна придобивка од воспоставувањето на единствен оперативен центар за прием на повикот за сторено кривично дело е во добивањето на единствена база на податоци за сторени кривични дела од овој вид, не само како статистички податок, но и како основен предуслов за градење на стратегии во делот на превенцијата од овој вид на кривични дела. Имено, во периодот на изработката на докторската дисертација се дојде до заклучок дека податоците за одредени кривични дела воопшто не се совпаѓаат во институциите кои биле вклучени во нивно справување. Исто така, методологијата на евидентирање на настаните не се совпаѓа кај институциите.

Согласно резултатите од истражувањето кое беше спроведено за потребите на докторската дисертација, како и искуствата кои беа стекнати во изминатиот период во однос на користењето на единствен повикувачки телефонски број при настанување на криминална ситуација во државите кои ја имаат воспоставено оваа пракса, потребата од единствениот телефонски број (во Соединетите Американски Држави тој број е 911) е повеќе од неопходна. Со воспоставување на таа пракса, во институциите на Република

Македонија кои се справуваат со овој вид на криминални активности би се овозможило следното:

- навремено и брзо проследување на добиениот повик до надлежните институции со цел преземање на конкретни мерки и активности,
- размена на информациите помеѓу релевантните субјекти,
- зголемена координација на сите институции кои се надлежни за справување со кривичните дела од овој вид.

Сето погоре наведено, кое е во вид на преораки, но и предлог од страна на изработувачот на докторската дисертација, доколку не биде преземено остава сомнеж дека градењето на стратегии за спречување и справување со кривичните дела од овој вид би било нецелосно, несоодветно и неефикасно. За таа цел е потребно имплементирање на препораките во насока на подобрување на севкупниот амбиент кога станува збор за кривичните дела настанати како последица на експлозии.

ПРИЛОГ 1: ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ И СРЕДСТВОТА ЗА ФОРЕНЗИЧКА АНАЛИЗА И ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

1. ВОВЕД

За откривање и детектирање на експлозивните материи се применуваат најсовремени методи и средства, односно инструменти, кои се поврзани со разрешување на кривичните дела кои се сторени со употреба на експлозивни материи, при што е предизвикано експлозија и се предизвикани огромни материјални штети и човечки жртви.

Всушност, се започнува со собирање на доказен материјал од местото на настанот со цел испитување на трагите кои се настанати од експлозиите, како и неексплодираните експлозивни направи, без оглед дали станува збор за импровизирани или фабрикувани експлозивни направи.

Доказниот материјал, односно трагите од кривичното дело претставуваат криминалистички карактеристики на кривичните дела. Поаѓајќи од закономерностите и специфичностите за настанувањето, фиксирањето и користењето на криминалистичките информации за откривање и разјаснување на кривичното дело, се остваруваат преку откривањето на причинско – последичните врски и влијанија, динамичките односи и закономерностите кои секако постојат во секој кривичен настан.²²¹

Со настанувањето на кривичните дела настануваат и трагите од истото кои што можат да се пронајдат на местото на настанот. Самите траги претставуваат важен дел во анализата и истражувањето на експлозивните материи како дел од криминалистичкото постапување.

Под поимот трага на кривичното дело во криминалистиката се подразбира секоја видлива или со голо око невидлива материјална промена, настаната на лице место, на жртвата или на сторителот во врска или во ситуацијата на извршување на кривичното дело.²²²

²²¹ Ангелески М., „Криминалистика“, НИО Студентски збор, Скопје, 1993, стр. 119.

²²² Vodenelić V., „Kriminalistika“, Savremena Administracija, Beograd, 1985, str. 153.

Методите кои се користат за форензичка анализа и истражувања на експлозивните материи во Република Македонија спаѓаат во категоријата на брзи, едноставни, недеструктивни, меѓутоа прецизни и сигурни методи.

Средствата, односно инструментите со кои располага Одделот за криминалистичка техника при Министерството за внатрешни работи – отсек за микро траги спаѓаат во најсовремените инструменти и истите при нивна употреба даваат голема точност на испитуваните примероци.

Во овој дел од дисертацијата ќе биде претставена практичната примена на извршените анализи на примероци на следните видови на експлозивни материи:

- тринитротолуен (TNT);
- пентаеритритол тетранитрат (пентрит);
- циклотриметилен тринитрамин – хексоген (RDX);
- амонекс;
- лазарит С – 2;
- динамит;
- пикринска киселина;
- амониум нитрат (оксидационо средство).

1.1. Инструменти за испитување на експлозивни материи

Во секторот за микро траги, кој е составен дел од Одделот за криминалистичка техника при Министерството за внатрешни работи на Република Македонија, се реализирани испитувања на следните инструменти:

- микро – рамански спектрометар FORAM 685 со ласерска екситација од 685 nm;
- инфрацрвен спектрометар FT – IR Spectrum 100 Perkin Elmer;
- гасен хроматограф/масен спектрометар GC/MS 2100 Plus на фирмата Shimadzu.

Испитувања се реализирани и на Природно математичкиот факултет, Институтот за хемија, во спектроскопската лабораторија на следните инструменти:

- микро – рамански спектрометар HORIBA Jobin – Yvon, LabRam 300 со ласерска екситација од 532 nm и 633 nm;

- инфрацрвен спектрометар FT – IR Perkin Elmer 2000 (ATR – Sapphire anvil) ќелија.

Како што беше споменато, употребата на овие инструменти за анализа на експлозивните материи претставува чекор напред во однос на точноста и веродостојноста на испитуваните материјали, од причина што методите и техниките кои се користат се едни од најсовремените и резултатите се добиваат по недеструктивен пат. Во краен случај се применуваат деструктивни методи за испитување на траги после експлозија, а тоа е со цел да се добијат релевантни податоци за одредена експлозивна материја која претставува трага која е пронајдена на местото на настанот.

1.2. Методи и техники на форензичка анализа и истражување на експлозивни материи

Во Република Македонија се користат и применуваат повеќе методи и техники за анализа на експлозивните материи пред и после настанатата експлозија како кривично – правен настан. Вообичаено се започнува со стерео – микроскопски испитувања, хемиски колор тестови, тенкослојна хроматографија, додека за квалитативна анализа на експлозивните материи се користат аналитички техники:

- гасна хроматографија (GC);
- гасна хроматографија/масена спектрометрија (GC – MS);
- Фурие трансформна инфрацрвена спектроскопија (FT – IR);
- микро – раманска спектроскопија;
- флуоресцентна анализа на X – зраци (XRF);
- дифракција на X – зраци (XRD);
- скенирачки електронски микроскоп/енергетски дисперзивен спектрометар (SEM/EDS).

Најчесто користена аналитичка техника за откривање на примеси од траги од експлозивни материи е гасната хроматографија поврзана со масена спектрометрија. Меѓутоа, на местото на настанот, трагите од експлозивните материи по настанувањето на експлозијата најчесто се нечисти, со многу примеси од масти, нафтени деривати, биолошки материјали, земја и други примеси, па затоа можат да се појават проблеми, а тоа е интерференција при анализата на материјалот со примена на оваа техника.

Исто така, голем недостаток на оваа метода е фактот што таа припаѓа во деструктивните методи, што значи дека примерокот за анализа се уништува и не може да се користи за понатамошна анализа со други методи.

За форензичка анализа на експлозивни материи и траги од експлозивни материи сè почесто се користи микро – раманската спектроскопија, бидејќи оваа метода како предност ја има својата недеструктивност и трагите од експлозивните материи можат да се детектираат директно од местото на настанот. Во последно време се користат мобилни микро – рамански спектрометри, кои имаат мала моќност на ласерот, временски анализата трае кратко, се добива брз и прецизен резултат и добар однос сигнал/шум, што овозможува прецизна идентификација на експлозивните материи на самото место на настанот. Освен оваа техника, може да се користи и Фурие трансформната инфрацрвена спектроскопија (FT – IR) како техника за идентификација на траги од експлозивни материи. За разлика од микро – раманската спектроскопија, Фурие трансформната инфрацрвена спектроскопија (FT – IR) припаѓа во деструктивните методи на анализа.

Од особена важност за расветлување на кривични дела поврзани со експлозии е констатирањето на несогорени и согорени честички од експлозивниот материјал кој се наоѓа во остатоците по експлозијата. Со внимателно собирање на трагите од местото на настанот и нивно соодветно пакување во чисти, запечатени херметички садови се добиваат квалитетни резултати кои помагаат во расветлување на настанот. По реализираното собирање на трагите, се пристапува кон стерео – микроскопски преглед на остатоците. Притоа треба да се селектира собраниот материјал, кој може да даде одговор за тоа каква експлозивна направа е активирана. Користењето на дополнителни аналитички техники за идентификација на остатоците од експлозивните материи е од голема важност. Најнапред се користат недеструктивни техники, односно се прави обид за идентификација на експлозивниот материјал кој е директно собран по настанатата експлозија.

Соодветни и погодни аналитички недеструктивни техники ги вклучуваат поларизирачката микроскопија (PLM), стерео – микроскопијата (SLM), раманската и Фурие – трансформната инфрацрвена спектроскопија (ATR). Доколку не се добијат резултати со овие недеструктивни техники, во тој случај се врши растворање на материјалот по експлозијата во соодветен органски растворувач. Најчесто се користат: ацетонитрал, етанол, ацетон, метанол, метилен хлорид, хексан и етил ацетат.

Испарениот екстракт е погоден за Фурие трансформна инфрацрвена спектроскопска (FT – IR), дифракција на X – зраци (XRD), енергетско – дисперзивна анализа на X – зраци (EDX), раманска и поларизиращка микроскопска (PLM) анализа. Екстрактите во органските растворувачи вообичаено се анализираат со инфрацрвена спектрометрија (IR), течна хроматографија/масена спектрометрија (LC/MS), јонска хроматографија (IC), гасна хроматографија/масена спектрометрија (GC/MS), гасна хроматографија/термичко – енергетски анализер (GC/TEA), високо ефикасна течна хроматографија (HPLC) и тенко – слојна хроматографија (TLC).

Во остатоците по експлозијата можно е да има и неоргански компоненти, кои не се раствораат во органски растворувачи. Во тој случај се користи водата како растворувач, а добиениот екстракт е погоден за тенко – слојна хроматографија (TLC), Фурие трансформна инфрацрвена спектроскопска (FT – IR), дифракција на X – зраци (XRD), енергетско – дисперзивна анализа на X – зраци (EDX), раманска и поларизиращка микроскопска (PLM) анализа.

На слика бр. 1 е дадена шема по која се одвива анализата на експлозивните материи и остатоците по експлозијата, како и експерименталните техники и методи кои најчесто се применуваат.²²³

²²³ Daeid N. N., „*Explosive analysis theory*“, Department of pure and applied chemistry, University of Strathclude, 2003, page 75.



Слика 1. Шема на експерименталните техники и методи кои се применуваат за детекција на експлозивни материји и остатоци по експлозија

Легенда: Тенко слојна хроматографија (TLC); инфрацрвена спектроскопија (IR); Раманска спектроскопија (Раман); гасна хроматографија/масена спектрометрија (GC/MS); енергетско – дисперзивна анализа на X – зраци (EDX); дифракција на X – зраци (XRD); флуоресценција на X-зраци (XRF); јонска хроматографија (IC); капиларна електрофореза (CE); гасна хроматографија/термичко – енергетски анализер (GC – TEA); стерео микроскопија (SLM); гасна хроматографија/пламен – јонизациски детектор (GC/FID), високо ефикасна течна хроматографија (HPLC); течна хроматографија/масена спектрометрија (LC/MS), поларизирачка микроскопија (PLM).

Во Табела 1 се дадени повеќе експлозивни материи кои се предмет на истражување во Република Македонија и во докторскиот труд и согорените и несогорени честички кои може да се детектираат по експлозија.

Експлозивни материи	По експлозија согорени и несогорени честички
TNT	TNT; 2,4 – DNT; 2,6 – DNT; 1,3 – DNB; 2 и 4 – ADNT; DNB
PETN, RDX, HMX, EGDN, Tetryl	PETN; RDX; HMX; EGDN; Tetryl
Амониум нитрат	NO_2^- ; NO_3^- ; NH_4^+
AN-FO	NO_3^- ; NH_4^+ , дизел гориво, NO_2^-
Примарни експлозивни материи	Тешки метали (пр. Pb, Hg, Ag), соли на азид, DDNP, $\text{Hg}(\text{OCN})_2$
Триацетонтрипероксид	Пероксиоцетна киселина, ацетон
AN+TNT	TNT; 2,4 – DNT; 2,6 – DNT; 1,3 – DNB; 2 и 4 – ADNT; DNB; NO_3^- ; NH_4^+ ; NO_2^-
Динамит	NG; EGDN; AN (или јони); DEGDN; DNT
NG	NG
NG + NC	NG + NC

Табела 1. Согорени и несогорени честички кои може да се детектираат по експлозија

Легенда: AN (амониум нитрат); DDNP (диазодинитрофенол); NC (нитроцелулоза); DEGDN (диетиленгликол динитрат); DNT (динитротолуен); DNB (динитробензен); ADNT (аминодинитротолуен); EGDN (етиленгликол динитрат); NG (нитроглицерин); AN – FO (амониум нитрат и дизел гориво).

1.2.1. Спектроскопија

Молекулската спектроскопија ја проучува интеракцијата на електромагнетното зрачење со средината низ која тоа поминува, не земајќи ги предвид хемиските ефекти кои притоа можат да настанат. При интеракција на електромагнетното зрачење, односно светлината со некоја средина доаѓа до: апсорпција, емисија или расејување. Всушност, инфрацрвената спектроскопија претставува мерење на апсорпцијата (или трансмисијата) на различни инфрацрвени фреквенции од примерок позициониран на патот на инфрацрвениот зрак, додека раманската спектроскопија е дел од молекулската спектроскопија, која се базира на нееластично расејување на светлината.

Инфрацрвената и Раманската спектроскопија се две комплементарни спектроскопски техники со кои се испитува структурата на материјата.

1.2.2. Инфрацрвена спектроскопија

Инфрацрвената спектроскопија е една од најчесто користените аналитички техники. Таа претставува мерење на апсорпцијата или трансмисијата на различни премини помеѓу вибрационите нивоа на некоја молекула кои настануваат како резултат на апсорпција на светлина, а се јавуваат во средната инфрацрвена област на електромагнетното зрачење ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$). Овие вибрациони премини потекнуваат од молекулските вибрации и се карактеристични за одредена, дадена молекула.

Кога една молекула апсорбира инфрацрвена светлина може да дојде до вибрационо движење на атомите: скратување и издолжување на хемиската врска или свиткување на аглиите помеѓу врските. Вибрационото движење на молекулата може да се подели на голем број поединечни вибрации наречени нормални модови кои претставуваат независно синхронизирано движење на атомите и кои можат да бидат ексцитирани без да бидат ексцитирани други нормални модови.²²⁴ Покрај тоа одредени функционални групи во молекулата (на пр. карбоксилна, алкохолна, фенолна, аминокиселини итн.) имаат карактеристични вибрации кои вибрираат со специфична фреквенција независно од остатокот на молекулата.

Вибрацијата на врските во двоатомска молекула може да се изрази со следната равенка:

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

каде што ν претставува фреквенција, k - силова константа на хемиската врска, c - брзина на светлината, μ - редуцирана маса.

За една молекула да биде инфрацрвено активна мора да исполнува два услова. Прво, при апсорпција на инфрацрвено зрачење, ротационите и вибрационите движења кои настануваат во молекулата мора да предизвикаат промена на диполниот момент. Првиот услов е даден со равенката:

$$\frac{\partial \mu}{\partial x} \neq 0$$

²²⁴ <http://orgchem.colorado.edu/hndbksupport/irtutor/IRtheory.pdf> пристапено на 21.05.2015 година.

каде што $\delta\mu$ претставува промена на диполниот момент, а δx поместување по должина на врската.

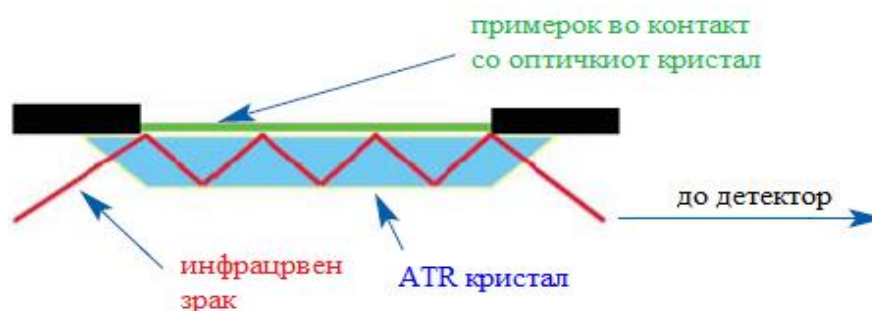
Вториот услов е фреквенцијата на упадното инфрацрвено зрачење мора да се совпадне со фреквенцијата на молекулската вибрација, претставено со следната равенка:

$$\Delta E_{vib} = hc\bar{\nu}$$

каде што E е енергија на вибрација, h е Планкова константа, c е брзина на светлината и $\bar{\nu}$ е бранов број.²²⁵

1.2.3. Придушена тотална рефлексија

Во последно време придушената тотална рефлексија (Attenuated Total Reflection – ATR) техниката често се употребува заедно со инфрацрвената спектроскопија. Оваа техника се заснова на принципот на придушена тотална рефлексија на инфрацрвениот зрак кој доаѓа во контакт со примерокот кој се испитува, прикажано на слика 2. Инфрацрвениот зрак е насочен од изворот кон оптичкиот кристал со голем индекс на рефракција за одреден агол. Оваа внатрешна рефлексија создава краткотраен електромагнетен бран кој се шири од површината на кристалот до примерокот кој пак е во непосреден контакт со оптичкиот кристал. Овој краткотраен електромагнетен бран се простира само неколку микрони над површината на оптичкиот кристал и во примерокот. Во областите каде што примерокот апсорбира енергија, краткотрајниот електромагнетен бран ќе биде ослабен по интензитет или променет.



Слика 2. Шематски приказ на движење на инфрацрвениот зрак долж ќелија на придушената тотална рефлексија

²²⁵ <http://orgchem.colorado.edu/hndbksupport/irtutor/IRtheory.pdf> пристапено на 21.05.2015 година.

Потоа, променетата енергија од секој краткотраен електромагнетен бран се насочува назад кон инфрацрвениот зрак кој се наоѓа на спротивниот крај на кристалот и се пренесува до детекторот.

Притоа, треба да бидат исполнети два услова:

- примерокот мора да е во директен контакт со кристалот на придушената тотална рефлексција бидејќи краткотрајниот електромагнетен бран се простира само неколку микрони над кристалот ($0,5 \mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$);

- индексот на рефракција на оптичкиот кристал мора да е значително поголем од оној на примерокот бидејќи во спротивен случај нема да настане внатрешна рефлексција затоа што зрачењето ќе биде трансмитирано. Кристалите на придушената тотална рефлексција најчесто имаат индекс на рефракција кој се движи помеѓу 2,38 и 4,01 на 2000 cm^{-1} .

1.2.4. Раманска спектроскопија

Раманската спектроскопија е дел од молекулската спектроскопија, а се заснова на нееластично расејување на светлината. Процесот кој води до ова нееластично расејување на светлината е наречен рамански ефект.

Кога фотон со монохроматска светлина и енергија $h \cdot \nu$ врши интеракција со молекулата, покрај апсорпција и емисија, доаѓа и до расејување. Постојат два вида на расејување:

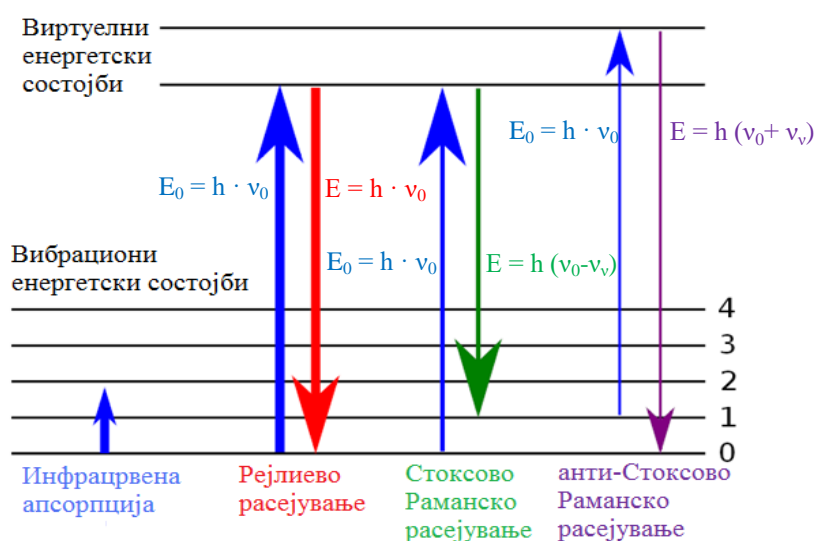
- Еластично или Рејлиево (Rayleigh) расејување. Ова расејување се јавува кога фотонот еластично се расејува, односно одбива од молекулата, без размена на енергија. Огромен број на фотони се расејуваат по овој пат.

- Нееластично или Раманско (Raman) расејување. Ова расејување се јавува кога има размена на енергија помеѓу фотонот и молекулата, што доведува до емисија на друг фотон со фреквенција различна од онаа на влезниот, односно упадниот фотон. Мал дел од фотоните (околу 1 во 10^7) се расејуваат по овој пат.²²⁶

При апсорпција на фотон со бранова должина во видливата светлина, молекулата од основната вибрациона состојба преминува во некоја виртуелна состојба, при што, доколку расеаниот фотон се враќа на првото побудено вибрационо ниво со енергија различна од онаа на влезниот фотон, настануваа Стоксово (Stokes) раманско расејување. Но, доколку пак молекулата се наоѓа во првото побудено вибрационо ниво,

²²⁶ <http://www.physics.unc.edu/project/rln/kristen/> пристапено на 21.05.2015 година.

по апсорпција на квант на светлина таа преминува во некоја виртуелна состојба, и потоа се враќа во основната вибрациона состојба со енергија различна од онаа на влезниот фотон. Ова расејување е наречено анти – Стоксово (anti – Stokes) Раманско расејување,²²⁷ прикажано на слика 3. И во двата случаи на Стоксово и на анти – Стоксово Раманско расејување енергетската разлика соодветствува на вибрационите премини. При анализата на соодветен примерок, за хемичарите е најважна енергетската промена во вибрационите нивоа на молекулата бидејќи разликата во енергијата помеѓу упадниот и Рамански расеаниот фотон е еднаква на енергијата на вибрацијата на молекулата. Зависно од симетријата на молекулата само некои вибрации ќе бидат забележани во раманскиот спектар.²²⁸



Слика 3. Шема на енергетски дијаграм за еластично и нееластично раманско расејување.

За некоја вибрација да биде Рамански активна, потребно е да има промена на поларизабилноста за време на вибрацијата, дадено со равенката:²²⁹

$$\frac{\partial \alpha}{\partial Q} \neq 0$$

каде што ∂Q е нормална координата на вибрацијата, а $\partial \alpha$ е поларизабилност.

Методите на молекулската спектроскопија, како што се инфрацрвената и Раманската се користат многу често во форензиката. Раманската спектроскопија, во

²²⁷ http://content.piaction.com/Uploads/Princeton/Documents/Library/UpdatedLibrary/Raman_Spectroscopy_Basics.pdf пристапено на 21.05.2015 година.

²²⁸ Ibid.

²²⁹ http://instructor.physics.lsa.umich.edu/adv-labs/RamanSpectroscopy/Raman_spect.pdf пристапено на 21.05.2015 година.

последно време се смета за една од поважните техники за испитување на трагите, вклучително и трагите од експлозивни материи, пред сè поради тоа што е недеструктивна техника и овозможува примерокот да се испитува со друга недеструктивна и деструктивна техника.

Во Табела 2 се прикажани разликите, сличностите, како и комплементарноста на овие две техники во нивната примена.

Инфрацрвена спектроскопија	Раманска спектроскопија
- Апсорпција - Промена на диполен момент	- Расејување - Промена на поларизабилноста
- Примерокот треба да се подготви за анализа - Оптимална дебелина (трансмисија) - Неопходен е добар контакт на примерокот	- Без припрема на примерокот (освен ако има воден раствор) - Недеструктивност, без контакт - Се анализираат примероци и помали од 1 μ - мерење низ транспарентни материјали
- Проблем со силна апсорпција на стакло, вода и CO ₂	- Проблем со флуоресценција

Табела 2. Разлики и сличности на инфрацрвена и Раманска спектроскопија

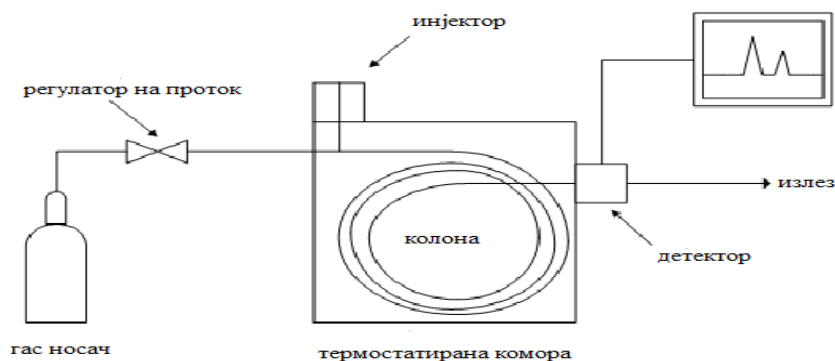
1.2.5. Гасна хроматографија

Гасната хроматографија²³⁰ претставува метода во која раздвојувањето на компонентите се одвива помеѓу гасна мобилна фаза, односно инертен гас и течна или цврста стационарна фаза. Притоа инертниот гас нема улога во раздвојувањето, туку е само носач на компонентите низ колоната.

Еден гасен хроматографски систем (слика 4) се состои од:

- цилиндер со гас носач – подвижна фаза;
- контролор на проток и регулатор на притисок;
- инјектор за примерок, односно аналит;
- колона;
- независни термостати за инјекторот, колоната и детекторот;
- детектор со неопходна засилувачка електроника;
- опрема за регистрирање на податоците од детекторот.

²³⁰ Здравковски З., „Основи на гасна хроматографија“, Природно математички факултет, Скопје, 2009, стр. 238. (1)



Слика 4. Шематски приказ на гасен хроматограф

Гас носач – тој претставува инертен гас кој не дејствува взаемно со анализот или стационарната фаза. Најчесто користени гасови се хелиум, азот и водород зависно од детекторот.

Инјектор – врши внесување на пробата во хроматографскиот систем и нејзино испарување при висока температура. Внесувањето се врши со микроинјектор преку влезна преграда (septum). Иглата влегува во комора за испарување во која минува мобилната фаза која го носи испарениот анализ во колоната. Постојат и автоматски земачи на проби (autosampler) кои сами земаат софтверски дефинирано количество од анализот.

Хроматографски колони – колоната го претставува „срцето“ на хроматографскиот систем. Во неа се врши раздвојувањето на испарените компоненти. Постојат полнети или пакувани колони, кои многу малку се употребуваат и цевчести или капиларни колони. Модерните капиларни колони се изработени од фузиран силикат со висока чистота (помалку од 1 ppm метални оксиди) обложен еднадвор со слој од полиамид. Внатрешноста на капиларите е обложена со течна стационарна фаза или слој од цврст адсорбент обложен со течна стационарна фаза.

Должината на капиларните колони изнесува од неколку метри до 100 и повеќе метри, со внатрешен дијаметар од 0,1 mm до 0,53 mm. Најчесто применувани колони се оние со должина од 15 – 25 m со внатрешен дијаметар од 0,25 – 0,33 mm.

Најпогодни и најприменувани стационарни фази се полисилоксанските и тоа:

- полидиметилсилоксан – 100 % метил супституиран силоксан;
- фенил диметилсилоксан – 5 % фенил и 95 % диметилполисилоксан;
- фенил диметилсилоксан – 50 % фенил и 50 % диметилполисилоксан.

Други видови стационарни фази се:

- полиетиленгликолни $\text{-HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-(-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-)}_n\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$;
- цијанопропилполисилоксански $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CN}$;
- трифлуоропропил полисилоксански $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CF}_3$.

За да се продолжи работниот век на колоните постојат предколони или заштитни колони направени од фузирано силикатно стакло, со должина од 5 m. Во нив не е нанесена стационарната фаза така што може да се задржат потешко испарливите компоненти и нема да стигнат во колоната и да пречат во понатамошните анализи.

Детекторски систем – место во гасниот хроматограф каде се врши регистрација на евалуираните компоненти од колоната.

1.2.6. Масена спектрометрија

Масената спектрометрија е аналитичка техника каде јоните се пропуштаат во електрично и магнетно поле и истите се разделуваат според нивниот однос на масата и полнежот. За да може јоните непречено да патуваат, масениот спектрометар работи во услови на вакуум или блиску до вакуум.

Масениот спектрометар се состои од три основни дела:

- јонски извор – врши јонизација на анализираните молекули;
- масен анализатор – ги раздвојува јонизираните честички според односот на нивните маса и полнеж (m/z);
- јонски детектор – ги собира и регистрира раздвоените јони.

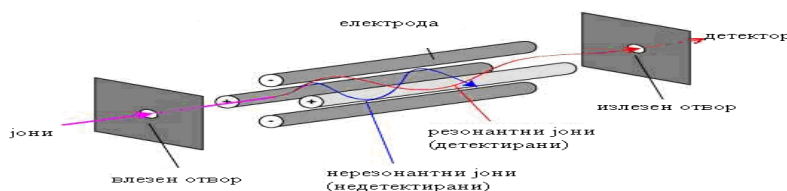
Масениот детектор (Mass Spectrometry Detector – MSD) е најселективниот досега познат детектор, така што комбинацијата на гасна хроматографија/масена спектрометрија GC/MS претставува најсигурната постапка со висок процент на успешни анализи на секој аналитичар форензичар.

Гасна хроматографија/масена спектрометрија GC/MS е тип на инструмент за гасна хроматографија поврзана со масена спектрометрија (слика 6) наменет за прецизни и многубројни анализи на сложени смеси. Инструментот овозможува одвојување, односно сепарација на компонентите од примерокот и добивање на масениот спектар за квалитативна анализа или идентификација на непознати компоненти како и за мерење и квантификација на конституентите застапени во траги

користејќи го т.н. селективно следење на избрани јони (анг. Selective Ion Monitoring – SIM).²³¹

Стандардниот модел на гасен хроматограф поврзан со масен спектрометар ги вклучува следниве компоненти:

- гасен хроматограф GC со високи карактеристики;
- молекуларна пумпа за постигнување на вакуум;
- мерач на вакуумот за следење на притисокот во комората;
- гасен хроматограф поврзан со масен спектрометар (interface) или апаратура за спојување;
- јонизација со судир на електрони (Electron Impact – EI) со независна температурна контрола;
- два филаменти со можност за промена на енергијата на снопот од електрони;
- квадруполен масен анализатор кој се состои од четири паралелно поставени цилиндрични прачки и на секоја од нив во дадено време се применува наизменичен и истонасочен потенцијал при што дијагонално поставените прачки секогаш имаат иста поларност (слика 6). Со тоа се овозможува само одредени јони со специфични маса и полнеж m/z да поминат низ отворот меѓу цевките и да стигнат до масениот детектор;
- детектор – електронски мултипликатор со конверзна диода и извор за енергија и табла за контрола на инструментот.



Слика 6. Шематски приказ на квадрупол во еден масен спектрометар

Софтверот ги вклучува следните функции:

- контрола на системот на гасниот хроматограф/масениот спектрометар GC/MS и дополнителните делови како: уред за автоматско инјектирање на примерокот (autosampler) и автоматско подесување на инструментот (autotuning);
- обезбедување и контрола на квалитет (quality assurance/quality control QA/QC), креирање на методи за анализа;

²³¹ Здравковски З., *оп. цит.*, стр. 238. (1)

- работа на детекторот во целиот негов работен опсег на однос на маси и полнежи m/z (т.н. TIC – total ion chromatogram) или по однапред зададени избрани маси (т.н. SIM – Selected ion monitoring);

- квалитативно процесуирање кое вклучува прикажување и процесирање на масниот спектар и пребарување на библиотеките;

- квалитативно процесуирање кое вклучува креирање на табели со податоци за анализираните примероци, калибрациони криви и калкулации на концентрацијата и креирање на извештаи и анализа на поголем број на примероци во секвенца.

Функции и перформанси на еден гасен хроматограф/масен спектрометар GC/MS систем се следните:

- висока осетливост – квадруполниот на гасен хроматограф/масен спектрометар GC/MS систем овозможува висока осетливост во нивната класа значително зголемувајќи го опсегот на апликациите за GC/MS;

- широк опсег на маси кои може да се детектираат до m/z 1090;

- компактен – потребно е малку простор дури и со инсталиран autosampler;

- интуитивно работење – самиот софтвер овозможува и не многу искусните со гасен хроматограф/масен спектрометар GC/MS да побараат анализирање на податоци како и извештаи во познати апликации, на пример Windows;

- обезбедување и контрола на квалитет QA/QC функциите овозможуваат увид во статусот на инструментот и работа со податоците;

- анализа на сложени смеси – висока осетливост на гасен хроматограф/масен спектрометар GC/MS системот овозможува мерење на зададени избрани маси SIM за повеќе соединенија.



Слика 5. Гасен хроматограф поврзан со масен спектрометар

ПРИЛОГ 2: ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ И ТЕХНИКИТЕ ЗА ФОРЕНЗИЧКА АНАЛИЗА И ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИВНИТЕ МАТЕРИИ

1. ПРИМЕРОЦИ ЗА ИСТРАЖУВАЊЕ

Истражувањата во Република Македонија во период од 2006 – 2011 година се реализирани на експлозивни материи кои биле дел од кривично – правен настан и истите се наоѓаат во збирката на Отсекот за микротраги при Одделот за криминалистичка техника при Министерството за внатрешни работи во Скопје. Идентификувани се следните експлозивни материи:

- а) 2,4,6 тринитротолуен (TNT);
- б) пентаеритритол тетранитрат (пентрит) во прав;
- в) пентаеритритол тетранитрат (пентрит) пластичен;
- г) 1,3,5 – тринитро – 1,3,5 триазоциклохексан (RDX) во прав;
- д) 1,3,5 – тринитро – 1,3,5 – триазоциклохексан (RDX) пластичен;
- ѓ) пикринска киселина;
- е) амонекс;
- ж) динамит;
- з) лазарит С-2.

Идентификацијата на експлозивните материи е реализирана со помош на Микро – рамански спектрометар, Фурие трансформна инфрацрвена (FT – IR) спектрометрија и Гасен хроматограф спрегнат со масен спектрометар.

1.1. Микро – рамански спектрометар

Микро – раманските анализи се извршени со користење на два микро – рамански спектрометри:

- а) Микро – рамански спектрометар, FORAM 685 – 2, кој се наоѓа во Одделот за криминалистичка техника при Министерството за внатрешни работи – Скопје, истиот е опремен со He – Ne (685 nm) ласер и максимална излезна моќност од 5 mW на изворот на светлината. Микроскопот е опремен со леќи со зголемување x5, x10 и x20.

Раманските спектри се снимени во област од $400 - 2000 \text{ cm}^{-1}$, со интеграционо време од 1 – 20 секунди, акумулирано со 5 – 20 скана и спектрална резолуција од околу 7 cm^{-1} . Сите спектри се обработени со GRAMS/32 софтвер.²³²

б) Микро – Рамански спектрометар Horiba Jobin – Yvon, LabRam 300, кој се наоѓа на Институтот за хемија на Природно математичкиот факултет во Скопје. Примероците се испитувани со He – Ne ласер, со бранова должина од 633 nm. За фокусирање на ласерот врз примерокот е користен Olympus MPlanN микроскоп со објектив x50, апертура 100 μm , отвор 500 μm и решетка 1800 линии/mm. Спектрите се снимани во подрачјето од $100 - 4000 \text{ cm}^{-1}$, време на експозиција 1 – 7 секунди, број на сканови 10 – 20 и спектрална резолуција од околу 3 cm^{-1} . За намалување на јачината на ласерот која паѓа врз примерокот и да се заштити примерокот од горење користен е филтер со различна густина на пропустливост. За снимање на спектрите користен е LabSpec софтверски програм²³³, додека за обработка на спектрите користен е GRAMS 32.

1) Постапка за снимање на рамански спектри

Примероците од експлозивни материи се поставуваат на предметно стакленце и истото се сместува под окуларот на микроскопот и се поставува во видното поле. За да се пронајде примерокот истиот се позиционира со макро и микро подесувач. Откако на мониторот е добиена јасна слика, примерокот се изложува на светлината од ласерот од раманскиот спектрометар и се избираат одредени параметри со кои се снима спектарот.

2) Подготовка на примероци земја од местото на настаната експлозија

Примероците од земја се собираат од местото на настаната експлозија. Еден примерок од земја се собира од кратерот по експлозијата, а втор примерок се собира од површина на земјата каде е активирана експлозивната материја.

Извршен е стерео – микроскопски преглед на подигнатите примероци земја и притоа е извршена селекција на истата по гранулација, обоени – зачадени делови, растителни и метални фрагменти. Селектираните фрагменти од земјата се поставувани

²³² GRAMS32 for Microsoft Windows, Ver. 4.10, Galactic Industries Corporation, 1991 – 1996.

²³³ LabSpec, LabSpec version 5.25.15, 2007.

на предметно стакленце и извршено е снимање на рамански спектри со микро – рамански спектрометри FORAM 685 – 2 и Horiba Jobin – Yvon, LabRam 300.

3) Мапирање

Мапирањето е извршено во аван со поединечно ситнење на земјата подигната од двете локации (кратерот на експлозијата и просторот на иницирање на експлозивната материја). Од иситнетата земја се издвоени примероци и е извршена хомогенизација на истите со помош на мешалка во траење од 10 секунди. Од хомогенизираната земја направени се таблети со помош на хидраулична преса. Направените таблети се поставени за снимање на XY автоматско постоље за мапирање со употреба на микро – раманскиот (Labram 300 од Horiba Jobin-Yvon) спектрометар. Користен е He – Ne ласер, со бранова должина од 633 nm. За фокусирање на ласерот врз примерокот е користен Olympus MPlanN микроскоп со објектив x50, процеп – 100 μm , отвор - 500 μm и решетка 1800 линии/mm. Спектрите се снимани во подрачјето од 100 – 1800 cm^{-1} , време на експозиција: 4, број на скенови: 7, без употреба на филтер. Одбрано е подрачје со површина од 0,05 x 0,05 mm, секој спектар е снимен со чекор од околу 6 μm . На овој начин се снимени по 100 спектри од секоја таблета.

4) Растварање на примероци земја од местото на настаната експлозија

Откога е извршено мапирањето и откако се снимени раманските спектри, земени се примероци од земјата од двете локации поединечно и растворена е во ацетон. По добро мешање извршено е филтрирање низ филтер хартија и добиените екстракти се поставени во два стаклени сада, наречени Петриеви шолји. Екстрактите се оставени на собна температура за да испари остатокот од ацетонот. По извршениот стереомикроскопски преглед во двата сада се констатирани кристали. Потоа се снимени раманските спектри со двата наведени микро – рамански спектрометри, а добиените кристали се исто така снимени и со Фурие трансформна инфрацрвена (FT – IR) спектрометрија – Perkin Elmer 2000 со придрушената тотална рефлексија (ATR – ќелијата).

1.2. Фурие трансформна инфрацрвена (FT – IR) спектрометрија

Инфрацрвените анализи се извршени со користење на два вида Фурие трансформна инфрацрвена (FT – IR) спектрометрија и тоа:

а) FT – IR Spectrum 100 Perkin Elmer со методот на пресувани KBr таблети. Спектрите се снимени во област од $400 - 2000 \text{ cm}^{-1}$, акумулирани се 64 скана и спектрална резолуција од околу 4 cm^{-1} . Сите спектри се обработени со GRAMS/32 софтвер. Спектрите се снимени со земање на примерок од експлозивните материи и мешање со 250 mg KBr. Истите се интерпретирани и споредувани со референтни библиотеки на инфрацрвени спектри (Nicolet/Aldrich).

б) Инфрацрвениот спекрометар FT – IR – Perkin Elmer 2000 со помош на ATR Diamond (Sapphire anvil cell) Golden Gate. Спектрите се снимени во област од $550 - 4000 \text{ cm}^{-1}$, акумулирано со 64 скана и спектрална резолуција од околу 4 cm^{-1} .

1.3. Гасен хроматограф спрегнат со масен спектрометар

За квалитативна анализа на експлозивните материи користен е гасен хроматограф спрегнат со масен спектрометар GC/MS 2010 Plus на фирмата Shimadzu со софтверски пакет GCMS solution, верзија CLSS – 5000. Овој инструмент се наоѓа во Одделот за криминалистичка техника при Министерството за внатрешни работи – Скопје. Хроматографски услови за раздвојувањето на експлозивните материи е вршено на колона ZB – 5 (Supelco USD) со должина од 30 m, внатрешен дијаметар од 0,25 mm и дебелина на филмот на стационарната фаза од 0,25 μm . Составот на стационарната фаза на колоната е 5% фенил, 95% полидиметилсилоксан. Анализата на експлозивните материи е вршена со следните хроматографски услови дадени во Табелата 3.²³⁴

²³⁴ Katie L. S., „Forensic analysis of C-4 and commercial blasting agents for possible discrimination“, master of science, B.S.University, Central Florida, 2005, page 66 – 130.

Параметар	Вредност
Гас носач	хелиум
Температура на печката	333,15 К потоа градиент од 283,15 К/min. до 423,15 К и градиент од 298,15 К/min до 523,15 К со задршка од 10 min
Температура на инјектирање	493,15 К
Начин на инјектирање	разделен (Split)
Притисок	94,5 kPa
Вкупен проток	31,4 mL/min
Проток низ колоната	19,7 mL/min
Линеарна брзина на гасот носач	45,0 cm/sec
Разделителен однос	10:1
Проток на гас за чистење на септумот	3,0 mL/min
Инјектиран волумен	1 μ L
Детектор	анализатор со еден квадрупол
Време на програмот	18,50 min
Температура на јонскиот извор	473,15 К
Температура на поврзувањето (Interface temperature)	523,15 К
Време на пресметка (Solvent cut time)	25 min
Праг (threshold)	1000

Табела 3. Инструментални услови за анализа на експлозивни на GC/MS – QP 2010
Користени параметри на GC/MS

ПРИЛОГ 3: ДИСКУСИЈА ОД ПРАКТИЧНАТА ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ И СРЕДСТВАТА ЗА ФОРЕНЗИЧКА АНАЛИЗА И ИСТРАЖУВАЊЕ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

1. МЕТОДСКИ АСПЕКТИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЕКСПЛОЗИИ И ЕКСПЛОЗИВНИ МАТЕРИИ

Основната цел на истражувањето кое беше спроведено за потребите за изработката на докторскиот труд е да се утврдат методските аспекти на идентификација на некои експлозивни материи кои биле дел од кривични дела во Република Македонија со помош на техниките користени во Одделот за микротраги во криминалистичките лаборатории при Министерството за внатрешни работи. Тоа е направено со анализа на рамански и инфрацрвени спектри и истите се споредени со соодветните масени спектри. За таа цел, земени се експлозивни материи кои се заплени и биле дел од кривично – правен настан на подрачјето на Република Македонија во период од 2006 – 2011 година.

А) Експлозивни материи

Истражувањето на експлозивните материи е реализирано со техниката со која располага Министерството за внатрешни работи, а со цел добивање на соодветни и прецизни анализи, користена е и техника која се наоѓа на Институтот за хемија при Природно математичкиот факултет во Скопје. Можноста за користење на техника за анализа во две институции е од причина што со користењето на компаративниот метод, можноста за намалување на грешките при самата анализа е минимална, односно речиси и да не постои, што од друга страна дава можност за исклучително точни и прецизни анализи на испитуваните примероци од самиот кривично – правен настан. Методологијата на извршената анализа е следна:

- Најнапред е извршено снимање на рамански спектри на примероците од експлозивните материи, со употреба на два микро – рамански спектрометри: (Horiba Jobin – Yvon, LabRam 300 и Foram 685 – 2). Причина за ова е потреба за споредба на соодветните рамански спектри на експлозивни материи на два инструмента кои имаат различни резолуции и кај кои се користат различни ексцитациони линии. Добиените

рамански спектри се споредувани со референтни спектри од базата на податоци: Spectral ID.²³⁵

- Потоа се снимаат инфрацрвени спектри со метода на пресувани KBr таблети на истите експлозивни материи. Тие се споредувани со референтните спектри од базата на податоци на FT – IR Spectrum 100 Perkin Elmer, Nicolet & Aldrich.²³⁶

- На крај се врши асигнација на најсилните ленти кои се должат на карактеристичните функционални групи во раманските и инфрацрвените спектри на чистите експлозивни материи како што се: тринитротолуен (TNT), пентаеритритол тетранитрат (пентрит), 1,3,5 – триметилен – 2,4,6 – тринитрамин (RDX), како и на пикринската киселина.

- Се снимаат и масени спектри на наведените експлозиви на гасниот хроматограф спрегнат со масен спектрометар GC/MS 2010 Plus на фирмата Shimadzu и истите се споредувани со соодветните референтни спектри од базата на податоци.

Б) Траги од експлозивни материи

- Се снимаат раманските спектри од земјата по експлозија на TNT и на пентрит, подигната од две локации: од кратерот и од патеката на детонаторскиот фитил, и тоа директно и со растварање во ацетон. За разлика од тоа, инфрацрвените спектри се снимени од истите локации, но само од оние примероци кои се растворени во ацетон. Во овој случај е користена ATR ќелијата и FT – IR – Perkin Elmer 2000 спектрометарот.

- Покрај тоа, извршено е снимање на раманските спектри на таблети припремени од земјата подигната по експлозија од двете локации со употреба XY автоматското постоље за мапирање на микро-раманскиот спектрометар Labram 300 (Horiba Jobin – Yvon) со цел да се добие информација за употребената експлозивна материја. Добиените рамански спектри потоа се споредувани со раманските спектри на експлозивната материја која е употребена при извршените експлозии (тринитротолуен (TNT) и пентрит).

- На крај се снимени и масени спектри на остатоците со траги од експлозивни материи подигнати од земјата по експлозија на тринитротолуен (TNT) и на пентрит.

²³⁵ Thermo galactic, Spectral ID 3.02, 2003. – Referent spectra ID Horiba.

²³⁶ Perkin Elmer, Spectrum 100 series Getting Started Guide, United Kingdom, 2006.

Масените спектри се споредувани со референтни спектри користени од базата на податоци.²³⁷

В) Рамански, инфрацрвени и масени спектри на експлозивни материи и траги од експлозивни материи

1) Експлозивни материи

- Поради неструктивниот карактер и добивањето на резултати без никаква подготовка на примероците, најпогодна е микро – раманската спектроскопија која може да го заземе примарното место за форензичка анализа на чисти примероци на експлозивни материи и тоа на тринитротолуен (TNT), пентраеритрол тетранитратот (PETN), циклотриметилен тринитрамин (RDX), пикринската киселина и стопанските експлозиви како амонекс и лазарит С-2 во кои е утврдено присуство на тринитротолуен и амониум нитрат. Помалку погодна е оваа метода за определување на динамит каде што е констатирано присуство на амониум нитрат и хематит, додека со Гасна хроматографија поврзана со масена спектрометрија се докажува присуство на етиленгликолдинитрат (EGDN) и 2,4 – динитротолуенот. Потребно е комбинирање на овие техники, при што може во целост да се одреди составот на смесата.

- Со извршената аналитичка обработка на добиените резултати од инфрацрвени спектри на испитуваните експлозиви утврдено е дека инфрацрвената спектроскопија дава добри и прецизни резултати за тринитротолуенот (TNT), пентраеритрол тетранитратот (PETN), циклотриметилен тринитрамин (RDX) и пикринската киселина, додека за смесите потребни се и дополнителни техники за целосна идентификација на составот на истите.

- Добиените резултати со деструктивната техника на гасна хроматографија поврзана со масена спектрометрија се задоволителни и потврдни за тринитротолуенот (TNT), пентраеритрол тетранитратот (PETN), но сепак при овие испитувања утврдено е дека без соодветна колона, определени услови, претходна подготовка на секој примерок од експлозивна материја не може да се добие потврден резултат за циклотриметилен тринитрамин (RDX) и пикринска киселина.

²³⁷ Shimadzu corporation, System user`s guide for GC/MS-PQ 2010 Plus (NIST), Japan, 2001 – 2006.

2) Траги од експлозивни материи

- Со примена на неструктивната микро – раманска спектрометрија можна е детекција на најмалото количество на траги од експлозивна материја во земја подигната по експлозија од местото на настанот. Сепак и покрај тоа што се добиени потврдни резултати за експлозивната материја пентрит и тоа по многубројни насочувања на ласерот на микро – раманскиот спектрометар Foram 685 – 2, на различни места од примерокот поради долгото време на испитување, ова не зазема примарно место во форензичките испитувања на трагите по експлозија.

- При извршеното мапирање со употреба на XY постоље за мапирање со употреба на микро – раманскиот (Labram 300 од Horiba Jobin – Yvon) спектрометар, и при прегледот на добиените спектри констатирано е дека, покрај главните состојки на земјата и тоа: кварц, карбонати, хематит и алумосиликати, не се добиени ленти кои потекнуваат од тринитротолуен и пентрит. Со тоа, може да се констатира дека и оваа метода не е применлива за наведените форензички испитувања.

- Како најпогодна метода за определување на траги од експлозивни материи се покажа досега користената метода на растварање на земјата во ацетон и испитувањето на добиениот екстракт. Се добиваат потврдни и добри резултати на присуство на тринитротолуен и пентрит со употреба на микро – раманските спектрометри Horiba Jobin – Yvon и Foram 685 – 2 и инфрацрвениот спектрометар Perkin Elmer 2000 (со помош на придушена тотална рефлексција ATR).

Како краен резултат кој се добива при анализата на експлозивните материи и трагите од експлозивните материи се спектрите кои се добиваат со употреба на Рамански, инфрацрвени и масени спектри како метод со кој се врши нивна идентификација, односно препознавање.

Во дисертацијата ќе бидат прикажани Рамански, инфрацрвени и масени спектри на тринитротолуен (TNT) како една од експлозивните материи која е најмногу идентификувана при расветлувањето на кривичните дела на територијата на Република Македонија, при тоа незанемарувајќи ги и останатите експлозивни материи, кои се помалку идентификувани, но сепак се дел од кривично – правен настан, како што се стопанските експлозивни материи (амонекс, аматол, амонал, камнектит, лазарит С – 2 и други) кои претставуваат мешавини и се изработуваат на база на амониум нитрат,

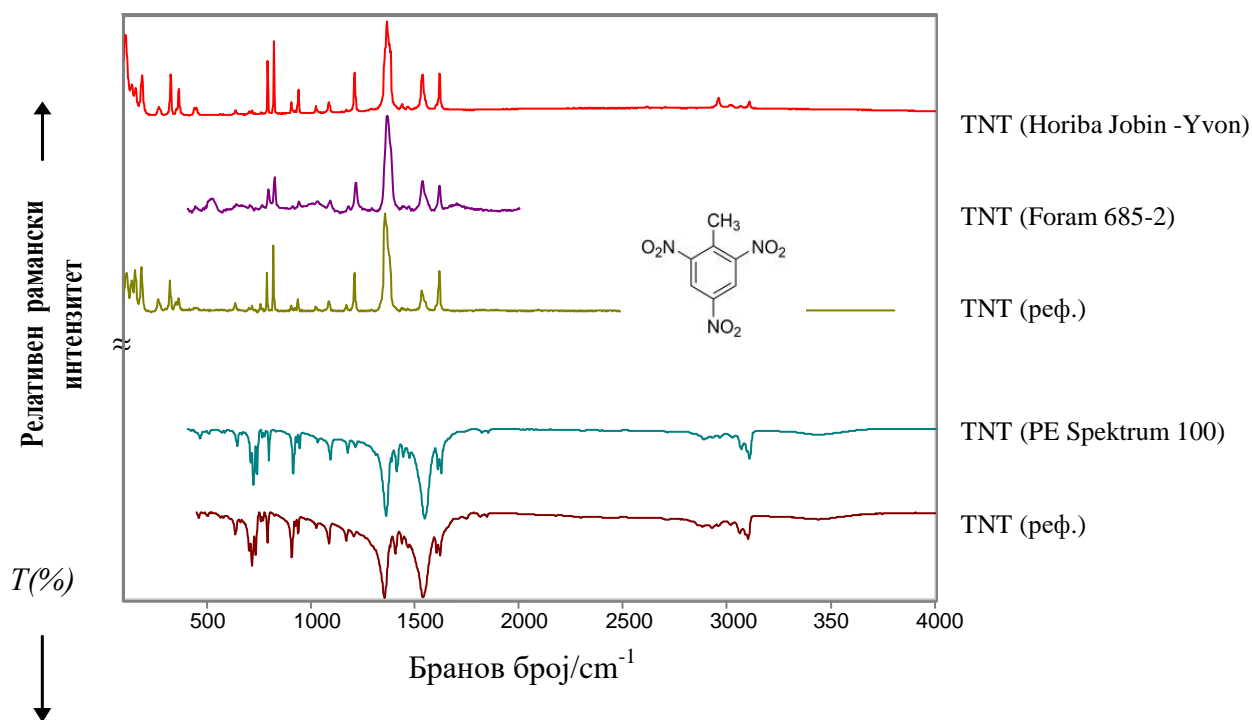
тринитротолуен (TNT) и други додатоци, потоа хексоген (RDX), пентрит (PENT), пикринска киселина, динамит, амониум нитрат и други.²³⁸

1.1. Рамански, инфрацрвени и масени спектри на тринитротолуен (TNT)

1.1.1. Рамански и инфрацрвени спектри на тринитротолуен (TNT)

Снимените рамански спектри на тринитротолуен (TNT) на двата микро – рамански спектрометри: Horiba Jobin-Yvon и Foram 685 – 2 се совпаѓаат со референтниот спектар на тринитротолуен (TNT) (Слика 6). Раманскиот спектар на тринитротолуен (TNT) се карактеризира со седум интензивни ленти и тоа: 1619 cm^{-1} , 1536 cm^{-1} , 1364 cm^{-1} , 1210 cm^{-1} , 824 cm^{-1} , 792 cm^{-1} и 326 cm^{-1} (Табела 4) и истите се користат за идентификување на тринитротолуен (TNT). Покрај овие ленти, во областа од 2850 до 3100 cm^{-1} се јавуваат ленти што се должат на C – H валентните вибрации од ароматичниот прстен и CH_3 функционалната група.

Во инфрацрвениот спектар на тринитротолуен (TNT) (Слика 6), се јавуваат две силни ленти што се должат на валентните симетрични и антисиметрични N – O вибрација од NO_2 групата.



Слика 6. Рамански и инфрацрвени спектри на тринитротолуен (TNT)

²³⁸ <http://www.detonit.mk/category/explosives> пристапено на 21.05.2015 година.

1.1.2. Асигнација на рамански и инфрацрвен спектар на тринитротолуен (TNT)

Асигнација²³⁹ всушност, претставува аналитичко определување, односно доделување, дозначување на резултатите кои се добиени со помош на рамански и инфрацрвен спектар на испитуваниот примерок на молекуларната структура на тринитротолуенот (TNT). При тоа, добиени се следните податоци, прикажани во табела бр. 4. Со постоечките спектрометри утврдено е одредено совпаѓање, кое споредено со базата на податоци, може да се одреди за каков вид на експлозивни материи станува збор во конкретниот испитуван примерок.

Рамански ν (cm ⁻¹)		Инфрацрвени ν (cm ⁻¹)	Асигнација
Horiba	Foram	Perkin – Elmer 100	
3099 сл.		3097 сл. ^a	ν (C – H) (ароматичен) ^б
3061 сл.		3056 м.сл	ν (C – H) (ароматичен)
3008 сл.			ν (C – H) (CH ₃)
		2878 сл.	ν_{as} (C – H) (CH ₃)
1619 ср.	1619 ср.	1618 ср.	ν (C = C) (ароматичен)
1536 сл.	1532 ср.	1539 с.	ν_{as} (N – O) (NO ₂)
1364с.	1364 с.	1353 с.	ν_s (N – O) (NO ₂)
1210 ср.	1216 с.		C ₆ H ₂ – C
824 ср.	824 ср.		δ (N – O) (NO ₂)
793 ср.	794 ср.	793 ср.	ρ (C – H) (ароматичен)
326 ср.			дисторзија на прстенот

Табела 4. Асигнација на раманските и инфрацрвените ленти на тринитротолуен (TNT)

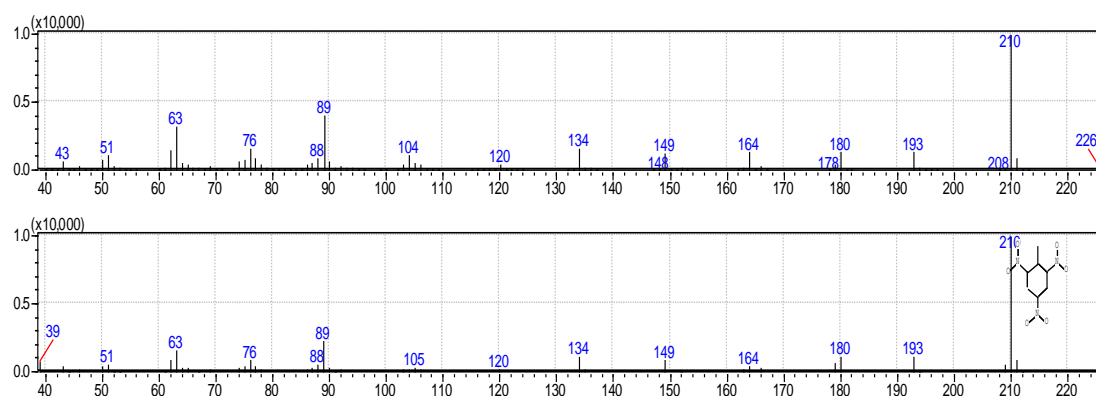
^aКратенки за интензитетот на лентите: с–силен, сл.–слаб; ср–среден, м–многу.

^б ν –валентни вибрации; ν_s –симетрична валентна; ν_{as} –асиметрично валентна,

δ –деформација во рамнината, ρ –деформација надвор од рамнината, rg –прстен.

²³⁹ James S. H., Nordby J.J., „Forensic Science“, Second edition, 2005, page 778.

1.1.3. Масен спектар на тринитротолуен (TNT)



Слика 7. Масен спектар на тринитротолуен (TNT) (примерок – горе; референтен – долу)

Во Масениот спектар на тринитротолуен (TNT) добиен со јонизација со судир со електрони (EI) се забележува пик од квази молекуларниот јон на m/z 226 со многу мал интензитет. Основен пик во масениот спектар е оној на m/z 210, при ова тринитротолуен (TNT) од m/z 227 губи хидроксилен радикал $M - OH$, односно $227 - (16+1)$. Јоните на m/z 193, 180 и 164 при судир на електрони во EI масениот спектар на тринитротолуен (TNT) се формираат со губење на вториот хидроксилен, NO и NO_2 радикал, соодветно. Со губење на $3NO_2$, односно $(M - 3NO_2)^+$ преминува во јон со m/z 89 ($M - 3 \times 36$). Добиениот масен спектар на тринитротолуен (TNT) се совпаѓа со референтниот спектар на тринитротолуен (TNT) од базата на податоци.

**ПРИЛОГ 4: ИЗВЕСТУВАЊА ОД ТЕРИТОРИЈАЛНИТЕ ПРОТИВПОЖАРНИ
ЕДИНИЦИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Akhavan J., Costello M., Proceedings of the 20th International Pyrotechnic Seminar, Colorado, 1994;
2. Akhavan J., Proceedings of the 22nd International Pyrotechnic Seminar, Colorado, 1996;
3. Акаван Ж., „Хемија на експлозиви“, Второ издание, АД Вербум, Скопје, 2009; (1)
4. Aleksić Ž., Kostić A., Požari, Eksplozije, Paljevine, Naučna knjiga, Beograd, 1988;
5. Aleksić Ž., Kostić A., Požari i Eksplozije – Priručnik za otkrivanje uzroka i utvrđivanje odgovornosti, Privredna štampa, Beograd, 1982;
6. Aleksić Ž., Milovanović Ž., Leksikon kriminalistike, Beograd, Vrelo, 1993;
7. Анакиевски Г., Современи форми на тероризам – начин на откривање, попречување, докажување, Магистерски труд, Факултет за безбедност, Скопје, 2011;
8. Ангелески М., Вовед во криминалистика, Скопје, 2007;
9. Ангелески М., Криминалистичка методика, Скопје, 2008;
10. Ангелески М., Криминалистика – општа криминалистичка теорија, НИО Студентски збор Скопје, 1993;
11. Ангелески М., Криминалистичка тактика 1 и 2, Скопје, 2007;
12. Ангелески М., Оперативна криминалистика, Скопје, 2005;
13. Андреев К.К., Беляев А.Ф., Теорија взривчатих веществ, Оборонгиз, Москва, 1960;
14. Арнаудовски Љ., Криминологија, Скопје, 2007;
15. Aubertein P., Mem. Poudres 34, 107, 1952;
16. Aubertein P., Mem. Poudres 35, 91, 1953;
17. Bailey A., Murray S.G., Explosives, Propellants and Pyrotechnics, Brassey's, UK, Maxwell Pergamon Publishing Corporation plc, London, 1989;
18. Баум Ф.А., Орленко Л.П., Стањуквич К.П., Чељшев В.П., Шехтер Б.И., Физика взрива, Наука, Москва, 1975;
19. Beveridge A., Forensic Investigation of Explosions, First Edition, 1998;
20. Беляев А.Ф., Бобољев В.К., Коротков А.Н., Переход горенија кондензираних систем во взрив, Наука, Москва, 1973;
21. Bizot A., Modeling of Combustion of Solid Propellants. Final report, PB90 – 133521, 1989;

22. Bošković M., Kriminalistička metodika I, Policijska akademija, Beograd, 1998;
23. Boileau J., Mem. Poudres 33, 151, 1951;
24. Boisson J., Autopropulsion, Serv. des Poudres, Paris, 1963;
25. Bowden F.P., Initiation and Growth of Explosion, Cambridge, 1952;
26. Bowden F.P., Yoffe A.D., Initiation and Growth of Explosion in Liquid and Solids, Cambridge University Press, Cambridge, 1985;
27. Brauer K.O., Handbook of Pyrotechnics, Chemical Publishing CO. Inc., New York, 1974;
28. Veselinović S., Preventivna zaštita od požara i eksplozija, Novi Sad, 1989;
29. Veselinović S., Cinkler J., Električni uređaji u eksplozivnim sredinama, Novi Sad, 1986;
30. Veselinović S., Cinkler J., Torbica A., Eksplozivno ugroženi prostori, Novi Sad, 1998;
31. Vieille P., Mem. Poudres 25, 173;
32. Wilson G., Cellulose nitrate, Oliver, London, 1955;
33. Водинелић В., Криминалистичка тактика – I, Скопје, 1995; (1)
34. Vodinelić V., „Kriminalistika“, Savremena administracija, Beograd, 1984;
35. Volk F., Schedlbauer F., Analysis of Post Detonation Products of Different Explosive Charges, Prop. Expl. Pyrot., Volume 24, No. 3, 1999;
36. Wu H. B., Chan M. N., Chan K. C., Aerosol Science and Technology, 2007;
37. Gillespie R., Chemistry and Technology of Explosives, Volume 3, New York, 1967;
38. Golfier M., Graindorge H., Longevialle Y., Mace H., Proceedings of the 29th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, 1998;
39. Greenlee C.L., Butler P.B., Influence of product species selection on thermochemical equilibrium calculation, Prop. Expl. Pyrot., Volume 22, No. 1, 1997;
40. Danilenko V.V., Vzriv fizika, tehnika, tehnologija, Energoatomizdat, Moskva, 2010;
41. Davis T.L., The Chemistry of Powder and Explosives, Angriff Press, Hollywood, CA, 1975;
42. Davis T.L., Chemistry of Powder and Explosives, New York, 1953; (1)
43. Desmaroux J., Mem. Poudres, 39, 209, 1957;
44. Димитријевић Р., Понашање малодимних барута у условима детонације, Магистерски рад, ВТА ВЈ, 1996;
45. Димовски З., Тероризам, Скопје, Графотранс, 2007;

46. Димовски З., Илегалната трговија со оружје и тероризмот во РМ, Скопје, монографија, 2005;
47. Димовски З., Прирачник за криминалистичко разузнавање, Скопје, Графотранс, 2007;
48. Dobratz V.M., LLNL, Explosive Handbook: Properties of Chemical Explosives and Explosive Simulants, UCRL – 52997, 1981;
49. Dojčinovski M., Anakievski G., Chromatography as a forensic method in criminalistic identifications, Naučen trud, Меѓународни научни skup, Kriminalističko – policijska Akademija, Beograd, 2013;
50. Eaton P.E., Gilardi R.L., Zhang M., Advanced Materials, Weinheim, Germany, Volume 12, 2000;
51. Edwards G., Trans. Faraday Soc. 48, 152, 1953,
52. Ellern H., Military and Civilian Pyrotechnics, Chemical Publishing Company Inc., New York, 1968;
53. Epov B.A., Osnovi vrzivnoga dela, Boenoe izdateljstvo, Moskva, 1974;
54. Ignjatović Đ., Kriminologija, Dosije, Beograd, 2007;
55. Jalovy Z., Zeman S., Suceska M., Vavra P., Dudek K., Rajic M., Journal of Energetic Materials, Volume 19, 2001;
56. Jauković Đ., Uvod u raketni pogon, DSNO, Beograd, 1965;
57. Јеремић Р., Термохемијски прорачун основних параметара чврстих ракетних горива, Војно – технички гласник, бр. 4, 1988;
58. Јеремић Р., Експлозивни процеси, Војно – издавачки завод, Београд, 2002; (1)
59. Јеремић Р., Експлозије и експлозиви, Војно – издавачки завод, Београд, 2007; (2)
60. Johansson C.H., Persson P.A., Detonics of High Explosives, Academic Press Inc., London, 1970;
61. Joksimović T.S., Procesi Sagorevanja, TMF, Beograd, 1987;
62. Kaye S.M., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 8, US Army Armament Research and Development Command, Dover, NJ, 1978;
63. Kaye S.M., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 9, US Army Armament Research and Development Command, Dover, NJ, 1980;
64. Kaye S.M., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 10, US Army Armament Research and Development Command, Dover, NJ, 1983;
65. Cambel A.W., Engelke R., Diameter Effect in High Density Heterogeneous Explosives, LA – UR – 76 – 1115, 1976;

66. Kamlet M.J., Jacobs S.J., The Chemistry of Detonation I. A Simple Method for the Calculating Detonation Properties of C-H-N-O explosives, J. Chem. Phys., Volume 48, No. 1, 1968;
67. Kamlet M.J., Ablard J.E., The Chemistry of Detonation II. Buffered Equilibria, J. Chem. Phys., Volume 48, No. 1, 1968;
68. Kamlet M.J., Dickinson C.J., The Chemistry of Detonation III. Evaluation of a Simplified Method for Chapman – Jouguet Detonation on the Basis of Available Experimental Information, J. Chem. Phys., Volume 48, No. 1, 1968;
69. Kamlet M.J., Hurwitz H., The Chemistry of Detonation IV. Evaluation of a Simple Predictional Methods for Detonation Velocities of C-H-N-O explosives, J. Chem. Phys., Volume 48, No. 8, 1968;
70. Carleone J., Tactical missile Warheads, AIAA, Washington, 1993;
71. Kinney G.F., Graham K.J., Explosive Shocks in Air, Springer Verlag New York Inc., New York, 1985;
72. Kostić S., Kriminalistička operativa, NIO Nikola Nikolić, Kragujevac, 1977;
73. Krivokapić V., Krstić O., Kriminalistička taktika II, Policijska akademija, Beograd, 1999;
74. Krivokapić V., Kriminalistička taktika, Policijska akademija, Beograd, 2005;
75. Kuo K.K., Summerfield M., Fundamentals of Solid – Propellant Combustion, Volume 90, Progress in Astronautics and Aeronautics, American Institute of Astronautics and Aeronautics Inc., New York, 1984;
76. Kuo K.K., Principles of Combustion, John Wiley and Sons, New York, 1986;
77. Conkling J.A., Chemistry of Pyrotechnics, Basic Principles and Theory, Marcel Dekker Inc, New York, 1985;
78. Cook M.A., The science of high explosives, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1958;
79. Cooper P.W., Introduction of the Technology of Explosives, VCH, 1996;
80. Cooper P.W., Explosives Engineering, VCH, 1996;
81. Cowan D., Fickett W., Calculation of the Detonation Properties of Solid Explosives With the Kristiakowsky – Wilson Equation of State, J. Chem. Phys., Volume 24, No. 5, 1956;
82. Кршић Н., Бојне главе и упаљачи ракетних пројектила, ТВА, Загреб, 1977;
83. Кук М.А., Наука о промишљених взривчатих веществах, Недра, Москва, 1980 (превод од англиски јазик);

84. Лабовиќ М., Николовски М., Организиран криминал и корупција – нови теоретски димензии, практични консеквенции и методика на истражување, Факултет за безбедност – Скопје, 2010;
85. Langer G., Eisenreich N., Hot Spots in Energetic Materials, Prop. Expl. Pyrot., Volume 24, No. 3, 1999;
86. Leach C., Langston S.B., Akhavan J., Proceedings of the 25th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, 1994;
87. Lhost P., Mem. Poudres, 39, 209, 1957;
88. Марина П., Кривична постапка на СФРЈ, Култура, Скопје, 1979;
89. Матовски Н., Лажетиќ – Бужаровска Г., Калајџиев Г., Казнено – процесно право, Правен факултет „Јустинијан Први“, Скопје, 2009; (1)
90. Mader C., Numerical Modeling of Explosives and Propellants, CRC Press, New York, 1998;
91. Maksimović P., Eksplozivne materije, Vojnoizdavački Zavod, Beograd, 1985; (2)
92. Maksimović P., Tehnologija eksplozivnih materija, Vojnoizdavački Zavod, Beograd, 1972; (1)
93. Médard L., Mem. Poudres 35, 59, 1953;
94. Мејдер Ч., Численое моделирование детонации, Мир, Москва, 1985 (превод од англиски јазик);
95. Merzhanov A.G., Abramov V.G., Thermal Explosion of Explosives and Propellants. A review, Prop. Expl., No. 6, 1981;
96. Meyer R., Explosives, VCH Publishers, New York, 1987;
97. Milutinović M., Kriminologija, Savremena administracija, Beograd, 1985;
98. Miraour H., Baruti i eksplozivi, Paris, 1947 (prevod u rukopis); (1)
99. Moreau N., Cours des Huilles Explosifs, Serv. Poudres, Paris, 1965;
100. Mušicki D., Lazarević M., Eksplozivne materije, Vojno – tehnička biblioteka, Beograd, 1953;
101. Mušicki D., Razorni eksplozivi, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1966; (1)
102. Naoum Ph., Nitroglycerin, Springer, Berlin, 1954;
103. Napoly A., Rélation entre la vitesse linéaire des combustion, Mem. Poudres, 1960;
104. Oehman V., Explosivstoffe, 8, 220, 1960;
105. Николоска С., Методика на истражување на општ криминалитет, Факултет за безбедност, Скопје, 2015;
106. Orlenko L.P., Fizika vzirva i udara, Fizmatlit, Moskva, 2006;

107. Orlenko L.P., Fizika vzirva, Volumen 1,2 Fizmatlit, Moskva, 2004;
108. Orlova E.J., Himija i Tehnologija brizantnih vzrivcatih vechestv, Himija, Leningrad, 1981;
109. Orlova E.J., Oktogen Temostoikoje vzrivcatoe veshestvo, Nedra, Moskva, 1975;
110. Othmer K., Encyclopedia of Chemical Technology, Volume 9, 1980; (1)
111. Palmer S.J.P., Field J.E., Huntley J.M., Proc. Roy. SOC., Volume 440, pp. 399 – 419, London, 1993;
112. Petrović A., Kriminalistička metodika, IŠRO, PFV, Beograd, 1987;
113. Petrović L., Skripta, Rukovođenje eksplozivnim i zapaljivim materijama I i II, Beograd, 2002;
114. Petrović M., Jovanović D., Tomanović D., Protiveksplozijska zaštita, Niš, 1995;
115. Pleše M., Fizika eksploziva, CVTŠ, Zagreb, 1987;
116. Pleše M., Fizika i kemija eksplozivnih tvari, Ministarstvo obrane Republike Hrvatske, Zagreb, 2008; (1)
117. Покровский Г.И., Взрыв, Наука, Москва, 1981;
118. Price D., Critical Parameters For Detonation Propagation and Initiation of Solid Explosives, AD – A106485, 1981;
119. Pritchard E., Can. J. Research, 25B, 257, 1947;
120. Radeka Z., Proračun temperature sagorevanja dvobaznih baruta, N.T. Pregled 1, 29, 1969;
121. Радмилац Д., Јованов Р., Расветљавање узрока пожара и експлозија, Виша школа Унутрашњих послова, Београд, 2000;
122. Rinckenbach W., Encyclopedia of Chemical Technology, Volume 6, New York, 1951; (1)
123. Ropuszynski S., Chemia stosowana 3, 341, 1958;
124. Сеиферстин Р., Криминалистика – вовед во форензика, проект на Владата на Република Македонија за превод на 500 стручни, научни книги и учебници, Табернакул, Скопје, 2010;
125. Sidlovskii A.A., Osnovi pirotehniki, Maschinostroenie, Moskva, 1973,
126. Siegel B., Energetics of Propellant Chemistry, J.W. & S, 1964;
127. Singh G., Felix P.S., Journal of Hazardous Materials, A 90, 2002;
128. Singh G., Kapoor I.P.S., Tiwari S.K., Felix P.S., Journal of Hazardous Materials, B 81, 2001;
129. Смилески Љ. Р., Муниција и експлозивни материји, Маринг – Скопје, 1998; (1)

130. Смилески Љ. Р., Методика на истражување на пожари и експлозии, Факултет за безбедност – Скопје, 2010; (2)
131. СНО 8069/91: Праћење хемијске стабилности барута и ракетних горива, 1991;
132. Соркин Р.Е., Теорија внутрикамерних процесов в ракетних система на тврдом топливе, Наука, Москва, 1983;
133. Спасић С., Јованов Р., Павловић А., Пожар, Експлозија, Провала, Инжењерско – технички приручник, Београд, 1998;
134. Стаматовић А., Конструисање проектила, Београд, 1995;
135. Стаматовић А., Физика експлозије, Београд, 1996;
136. Steele L. K., Forensic analysis of C-4 and commercial blasting agents for possible discrimination, master of science, B.S.University, Central Florida 2005;
137. Стојчев В., Методологија на воените науки, Воена академија „Генерал Михаило Апостолски“, Скопје, 2004;
138. Сулејманов З., Македонска Криминологија, Скопје, 2000;
139. Сулејманов З., Криминологија, Скопје, 2003;
140. Сулејманов З., Кривично Право, Општ дел, Скопје, 2001;
141. Sutterlin R., Physique des explosifs, Min. des Armée, Paris, 1963;
142. Sućeska M., Eksplozije i eksplozivi: njihova mirnodopska primjena, Brodarski institut, Zagreb, 2001;
143. Tang P.K., PBX 9502 Product Equation of State, Prop. Expl. Pyrot., Volume 22, No. 1, 1997;
144. Tavernier P., Cours de balistique interieure. Serv. des Poudres, Paris, 1967;
145. Taylor J., Detonation in Condensed Explosives, The Clarendon Press, Oxford, 1952;
146. Thevenin M., Detonique theorique, ENSTA, Paris, 1981;
147. Timnat Y.M., Advanced Chemical Rocket Propulsion, Haifa, Israel, 1987;
148. Urbanski T., Chemistry and Technology of Explosives, Volome 1, Pergamon Press Ltd, London, 1988;
149. Urbanski T., Chemistry and Technology of Explosives, Volome 3, Pergamon Press Ltd, London, 1990;
150. Urbanski T., Chemistry and Technology of Explosives, Volome 4, Pergamon Press Ltd, London, 1984;
151. Fedoroff B.T., Aaronson H.A., Sheffield O.E., Reese E.F., Clift G.D., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 1, Picatinny Arsenal, Dover, NJ, 1960;

152. Fedoroff B.T., Sheffield O.E., Reese E.F., Clift G.D., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 2, Picatinny Arsenal, Dover, NJ, 1962; (5)
153. Fedoroff B.T., Sheffield O.E., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 3, Picatinny Arsenal, Dover, NJ, 1966;
154. Fedoroff B.T., Sheffield O.E., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 4, Picatinny Arsenal, Dover, NJ, 1969; (6)
155. Fedoroff B.T., Sheffield O.E., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 5, Picatinny Arsenal, Dover, NJ, 1972; (4)
156. Fedoroff B.T., Sheffield O.E., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 6, Picatinny Arsenal, Dover, NJ, 1974; (1)
157. Fedoroff B.T., Sheffield O.E., Encyclopedia of Explosives and Related Items, Volume 7, Picatinny Arsenal, Dover, NJ, 1975; (2)
158. Fickett W., Davis W.C., Detonation, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1979;
159. Филиповић М., Прорачун термохемијских параметара слојевитих погонско – конструкционих материјала са енергетски активним везивом, Научнотехнички преглед, Вол. 37, бр. 4, 1987;
160. Фингер М., Влијание елементарново состава на детонационие својства взривчатих веществвах, 6 симпозијум о детонацији, Coronado, California, 1976 (превод од англиски на руски јазик);
161. Fordham S., High Explosives and Propellants, Pergamon Press, New York, 1980;
162. Hackel J., Büll. Acad. Polon. 8, 143, 1960;
163. Hodges C.M., Akhavan J., Williams M., Proceedings of the 16th International Pyrotechnic Seminar, Sweden, 1991;
164. Hristovski M., Eksplozivne materije, NIU, Beograd, 1994;
165. Xiong W., A Study on Thermodynamic Functions of Detonation Products, Prop. Expl. Pyr., No. 10, 1985;
166. Čolaković M., Probability Estimation for the Self – ignition of the Gun Powder, Prop. Expl., No. 17, 1992;
167. Чолаковић М., Горива за ракетни погон, Војноиздавачки завод, Београд, 1999;
168. Цуклески Г., Вовед во Криминалистиката, Скопје, 2006;
169. Цуклески Г., Прирачник за соработничка мрежа, Скопје, 2005;
170. Цуклески Г., Индиции и индицијални методи при откривањето и при докажувањето на криминалитетот, Скопје, 2006;

171. Цуклески Г., Тактичкиот начин – елемент на криминалистичката техника, Скопје, 2006;
172. Цуклески Г., Поим, предмет, задачи, методи, односот на криминалистиката со другите науки и научниот развој на криминалистиката, Скопје, 2006;
173. Shaw M.S., The Equation of State for the Detonation Products of Several Simple Explosives, DE83 017 266, 1983,
174. Shimizu T., Fireworks, The Art, Science and Technique, Maruzen Co Ltd, Tokyo, Japan, 1981;

Законска регулатива (Закони)

175. Закон за кривична постапка („Сл. весник на РМ“ бр. 150/10);
176. Закон за полиција („Сл. весник на РМ“ бр. 114/06, бр. 6/09, бр. 142/12, бр. 41/14);
177. Кривичен законик („Сл. весник на РМ“ бр. 37/96, бр. 80/99, бр. 44/02, бр. 43/03 и бр. 19/04);
178. Закон за класифицирани информации („Сл. весник на РМ“ бр. 9/04);

WEB страници (Интернет)

179. [http// www.google.com](http://www.google.com). со содржина modern terrorism, пристапено на 21.05.2015 година;
180. [http// www.nato.int](http://www.nato.int).(issue - terrorism), пристапено на 20.09.2015 година;
181. [http// www.Interpol.int](http://www.Interpol.int)., пристапено на 20.09.2015 година;
182. [http// www.europol.eu](http://www.europol.eu), пристапено на 20.09.2015 година;
183. [http// www.seccenter.org](http://www.seccenter.org), пристапено на 21.05.2015 година;
184. [http// www.stabilitypact.org](http://www.stabilitypact.org), пристапено на 21.05.2015 година;
185. [http//www.csis.org/analysis/afghan – and – Iraqi – metrics – and – ied – threat](http://www.csis.org/analysis/afghan – and – Iraqi – metrics – and – ied – threat), пристапено на 13.02.2017 година;
186. [http//www.globalsecurity.org/military/intro/ied.htm](http://www.globalsecurity.org/military/intro/ied.htm), пристапено на 05.09.2016 година;
187. [http//www.jjeddo.mil/index.aspx](http://www.jjeddo.mil/index.aspx), пристапено на 05.09.2016 година;

188. <http://www.unog.ch>, пристапено на 05.09.2016 година;
189. <http://www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:31993L0015>, пристапено на ден 05.09.2016 година;
190. <http://orgchem.colorado.edu/hndbksupport/irtutor/IRtheory.pdf> пристапено на 21.05.2015 година;
191. <http://www.physics.unc.edu/project/rln/kristen/>, пристапено на 21.05.2015 година;
192. http://content.piaction.com/Uploads/Princeton/Documents/Library/UpdatedLibrary/Raman_Spectroscopy_Basics.pdf пристапено на 21.05.2015 година;
193. http://instructor.physics.lsa.umich.edu/adv-labs/RamanSpectroscopy/Raman_spect.pdf, пристапено на 21.05.2015 година;
194. <http://www.detonit.mk/category/explosives>, пристапено на 21.05.2015 година.