

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Жанар Кудьярова

ӨНДІРІСТІК ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАР

Оқу құралы

Алматы
«Қазақ университеті»
2015

ӘОЖ 662 (075.8)

КБЖ 35.63 я 73

К 81

*Баспаға әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті
химия және химиялық технология факультетінің Ғылыми кеңесі;
әл-Фараби атындағы ҚазҰУ жанындағы ҚР БЖҒМ жоғары
және жоғары оқу орнынан кейінгі білім берудің Республикалық
оқу-әдістемелік кеңесінің гуманитарлық және жаратылыстану
ғылымдары мамандықтары Секция мәжілісі және Редакциялық-баспа
кеңесі шешімімен ұсынылған (№1 хаттама 23 қаңтар 2015 жыл)*

Пікір жазғандар:

тех. ғыл. докторы, ҚР ҰЖҒА корр. мүшесі **Н.Қ. Түсіпбаев**
техника ғылымдарының докторы, профессор **К.А. Акмалаев**
химия ғылымдарының докторы, профессор* **Р.Г. Абдулкаримова**

Кудьярова Ж.Б.

К 81 Өндірістік жарылғыш заттар: оқу құралы / Ж.Б. Кудья-
рова. – Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 158 б.

ISBN 978-601-04-1222-4

«Өндірістік жарылғыш заттар» атты оқу құралында жарылыс үдерісінің ерекшелігі, өндірістік жарылғыш заттардың жіктелуі, олардың негізгі типтері, жарылыс детонациясының дамуы және оған әсер ететін факторлар келтірілген. Сонымен қатар жарылғыш заттардың эффективтілігін сипаттайтын жарылғыштық қасиеттерді бағалау және олардың энергетикалық сипаттамаларын тәжірибелік жолмен анықтау әдістері кеңінен сипатталған. Өндірістік жарылғыш заттарды дайындау және қолдану экологиясы, жарылыс өнімдерінің улылығы мен оның адам ағзасына әсері көрсетілген.

Оқу құралы әскери бағытта мамандандырылатын студенттерге және «Жарылғыш заттар мен пиротехникалық құралдардың химиялық технологиясы» мамандығының магистранттарына оқу үдерісі барысында көмекші құрал ретінде пайдаланылады.

ӘОЖ662 (075.8)

КБЖ 35.63 я 73

ISBN 978-601-04-1222-4

© Кудьярова Ж.Б., 2015
© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2015

МАЗМҰНЫ

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР	6
АЛҒЫ СӨЗ	7
I. ӨНДІРІСТІК ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАР ТУРАЛЫ	
ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР	9
1.1. Өндірістік жарылғыш заттар жасалуына қысқаша тарихи шолу	9
1.2. Өндірістік жарылғыш заттардың компоненттер құрамы бойынша жіктелуі	15
1.3. Қолданылу мақсаты бойынша жарылғыш заттардың жіктелуі	21
1.4. Жарылғыш заттардың физика-химиялық сипаттамалары	22
1.5. Жарылғыш заттардың жарылғыштық сипаттамалары	26
II. ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАР ТЕОРИЯСЫНЫҢ	
НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕРІ	28
2.1. Жарылыс және жарылғыш заттар түсінігі	28
2.2. Жарылысты қоздыру. Бастапқы импульс	31
2.3. Жарылыс шарттары және жарылыстық айналу реакцияларының сипаттамалары	33
2.4. Жарылғыш заттардың детонациясы	44
2.5. Жарылыс кезіндегі жұмыс және энергия балансы. Жарылыстың энергетикалық сипаттамалары	49
2.6. Жарылыстың тұрақты таралу жағдайлары және жарылғыш заттардың детонациялық қабілеті	56
III. ЖАРЫЛЫСТЫҢ ТӘЖІРИБЕЛІК	
СИПАТТАМАЛАРЫ	65
3.1. ЖЗ-ның эффективтілігін бағалау	65
3.2. ЖЗ-ның сапасын тексеру	67

3.3. ЖЗ-ның сыртқы әсерлерге сезімталдылығы	76
3.4. ЖЗ энергетикалық сипаттамаларын тәжірибелік анықтау.....	88
3.5. ЖЗ зарядының детонация жылдамдығына әсер ететін факторлар.....	91

IV. ӨНДІРІСТІК ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫҢ НЕГІЗГІ ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ

4.1. Өндірістік жарылғыш заттарға қойылатын жалпы техникалық талаптар.....	93
4.2. Нитроқосылыстар және олардың халық шаруашылығында қолданылуы	95
4.3. Тротил және оның халық шаруашылығында қолданылуы.....	96
4.4. Гексоген және октоген	101
4.5. Тэн	102
4.6. Нитроглицерин, нитроглицольдар	103
4.7. Динитронафталин.....	104
4.8. Нитрометан	105

V. АММИАК СЕЛИТРАСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЗ

5.1. Аммиак селитрасы және оның қасиеттері.....	106
5.2. Өндірістік ЖЗ құрамындағы металл жанғыштар	111
5.3. Қарапайым түйіршікті жарылғыш заттар	113
5.4. Ұнтақ тәріздес ЖЗ	114

VI. ӨНЕРКӘСІПТІК ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ ЭКОЛОГИЯСЫ

6.1. Өнеркәсіптік жарылғыш заттар мен олардың компоненттерінің улылығы.....	116
6.2. Өнеркәсіптік жарылғыш заттарды қауіпсіз қолданудың шарттары	120
6.3. Жарылыс өнімдерінің улылығы.....	125
6.4. Улы газдардың түзілу себептері	127
6.5. Жарылыс өнімдерінің улылығын азайтудың әдістері.....	132

VII. ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРМЕН ЖҰМЫС КЕЗІНДЕГІ ТЕХНИКА ҚАУІПСІЗДІГІ	135
7.1. Жарылғыш заттар дайындалатын және өңделетін ғимараттарға қойылатын жалпы талаптар.....	135
7.2. ЖЗ-мен жұмыс кезіндегі техника қауіпсіздігінің жалпы талаптары	141
7.3. Жөндеу жұмыстары	143
7.4. Санитарлық-гигиеналық талаптар	145
7.5. Жарақаттану және күйеу кезіндегі алғашқы көмек	146
7.6. Өрттің алдын алу шаралары.....	147
7.7. Өрт сөндіру құралдары	149
7.8. Өртүрлі бұйымдарды, жарылғыш заттарды және олардың жартылай дайындалған өнімдерін сөндіру әдістері	151
7.9. Жарылғыш заттарды жою тәсілдері	154
ӘДЕБИЕТТЕР	157

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР

ӨЖЗ	–	Өндірістік жарылғыш заттар
ЖЗ	–	Жарылғыш заттар
АСЖЗ	–	Аммиак-селитралы жарылғыш заттар
Тэн	–	Тетранитропентаэритрит
ОШ	–	Отөткізгіш шнур
ДШ	–	Детонирлеуші шнур
КД	–	Капсюль-детонатор
ЭД	–	Электродетонатор
ШРК	–	Шекті рұқсат етілген концентрация
КСРО	–	Кеңестік Социалистік Республикалар Одағы
АҚШ	–	Америка Құрама Штаттары
ТНРС	–	Тенерес (қорғасын үшнитрорезорцинаты, қорғасын стифнаты)

АЛҒЫ СӨЗ

Жарылғыш заттар концентрленген энергия көзі болғандықтан, техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданыс тапқан.

Қазіргі кезде жарылыс энергиясы әртүрлі табиғи қазбалардың жаңа кен орындарын ашуда, тоғандар салуда, таулы аймақтарда транспорт жолдарын төсеуде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар жарылыс тәсілі арқылы металдар мен ұнтақтарды өңдеу (штамптау, пісіру, кесу, нығыздау және т.б.) жүзеге асырылады.

Орман өрттерімен күресу, газ және мұнай өнімдерін тасымалдау үшін жолдар төсеу, пайдалы қазбалардың кен орындарына барлау жүргізу, мұнай ұңғымаларын теспелеу және жарылыспен бұрғылау және т.б. жарылғыш заттардың халық шаруашылығындағы маңыздылығын көрсетеді. Қазіргі кезде жарылысты пайдаланып, мерзімі өткен, яғни жарамсыз ғимараттар мен құрылыстарды бұзу кең қолданыс тапқан.

Жарылыс жұмыстарының тиімділігі және қауіпсіздігі көп жағдайда өндірістік жарылғыш заттың (ӨЖЗ) типіне тәуелді. ӨЖЗ-ның ерекше белгісі олардың химиялық және физикалық біртекті қосылыс болмауында. Олардың көбі химиялық біртекті емес материалдардың қоспасы болып келеді және физикалық қасиеттері мен агрегаттық күйі бойынша бірдей емес компоненттерден тұратын ұнтақ, түйіршік, суспензия, эмульсия түрінде шығарылады. Осы біртексіздіктің өзі жарылыс үдерісінің ерекшелігін, ӨЖЗ детонациясының дамуын анықтайды.

Өндірістік жарылғыш заттар және олардың компоненттерінің, жарылыстық айналу өнімдерінің қоршаған ортаға зиянды әсерінің дәрежесі жарылғыш заттарды дайындау, сақтау және қолдану барысындағы әртүрлі факторлармен анықталады. Оларға жарылғыш заттың химиялық құрамы, алу тәсілі, физикалық

күйі, химиялық және физикалық тұрақтылығы, жарылыс шарты жатады.

Сонымен қатар кез келген жарылғыш зат өндірісінің басқа сала кәсіпорындарымен салыстырғанда негізгі ерекшелігі өрт пен жарылысқа қауіпті нысан болуында. Сондықтан жарылғыш заттар өндірісінде техника қауіпсіздігіне ерекше көңіл аударылады.

Ұсынылып отырған оқу құралында өндірістік жарылғыш заттардың құрамы бойынша жіктелуі, олардың физика-химиялық қасиеттері, энергетикалық сипаттамалары және оларды тәжірибелік жолмен анықтау әдістері келтірілген. Сондай-ақ жарылғыш заттар өндірісінің ерекшелігін ескере отырып, жарылыс өнімдерінің улылығы сипатталып, олардың адам ағзасына әсері және ӨЖЗ өндірісінің техника қауіпсіздігі көрсетілген.

Оқу құралы «6М073400 – Жарылғыш заттар мен пиротехникалық құралдардың химиялық технологиясы» мамандығының магистранттарына арналып жазылған.

ӨНДІРІСТІК ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

1.1. Өндірістік жарылғыш заттар жасалуына қысқаша тарихи шолу

Жарылыс жұмыстарының даму тарихы ЖЗ және оларды өндірумен, жасаумен, бұрғылау құралдарын, иницирлеу құралдарын жасаумен, ЖЗ детонациясы мен тау жыныстарын талқылау теорияларын негіздеумен тығыз байланысты.

Жарылғыш заттар (ЖЗ) дегеніміз – сыртқы әрекеттің әсерінен жоғары температуралы, көп мөлшерде энергия және көп көлемде газ бөлінумен өтетін өте жылдам химиялық айналуға қабілетті химиялық қосылыстар немесе олардың қоспалары. Сығылған газ тәріздес өнімдер өте тез ұлғайып, қоршаған ортаның орын ауыстыруы немесе қирауы бойынша механикалық жұмыс өндіруге және қоршаған ортада соққы толқындар түзуге қабілетті.

Жарылысқа қабілетті немесе жарылыспен өтетін химиялық айналулар (химиялық реакция) жарылысты айналулар деп аталады. Қарапайым жанғыш заттардың жануынан ерекшелігі жарылғыш заттардың жарылысты айналу реакциялары ауадағы оттегінің қатысуынсыз өтеді. Көлем бірлігіне жатқызылған бірдей реакциялардың жылуын салыстыру, сұйық және қатты жарылғыш заттарда көлем бірлігіндегі энергия концентрациясы әдеттегі жанғыштардан 200-300 есе және сутегі мен оттегі қоспасынан 1000 есе көп екенін көрсетеді.

Жарылғыш заттар концентрленген энергия көзі болып табылады, олар әскери істе және техниканың әртүрлі саласында кеңінен қолданылады. Қазіргі кезде жарылғыш заттар таулы өнеркә-

сіпте, құрылыста, гидромелиоративті жұмыстарда, ауылшаруашылығында қолданылады. Олар кесу, штамптау, пісіру, металдарды беріктендіру және басқа да техника саласында қолданыс тапқан.

Химиялық заттар мен қоспалардың көбі жарылыстың айналуға бейім екені белгілі. Дегенмен олардың бәрі өндірістік жарылғыш зат ретінде қолданыла бермейді.

Практикалық (тәжірибелік) қолданыс үшін өндірістік жарылғыш заттар ретінде тиімділігі жағынан оларды дайындауға және пайдалануға кететін шығынды өтейтіндей, қолданғанда және өндіруде қауіпсіз болып табылатын ЖЗ жарамды.

Жарылғыш зат өнеркәсібі XIX ғасырдың екінші жартысында пайда болған. Ол тек XX ғасырда негізгі химия ғылымының және техникасының қарқынды дамуы, сонымен қатар өнеркәсіптің коксхимиялық және мұнай өңдеу саласындағы бризантты ЖЗ қолданылуы нәтижесінде айтарлықтай дами түсті.

1860 жылға дейін жалғыз ЖЗ түтінді немесе қара оқ дәрі болған, ол әскери істе, кейінірек өндірістік ЖЗ ретінде пайдаланылған. Түтінді оқ дәрінің шығу тегі дәл белгілі емес, болжамдарға сүйенсек, алғаш рет оқ дәрі XII ғасыр шамасында Қытайда пайда болған.

Ресейде оқ дәріні өнеркәсіптік дайындау бойынша алғашқы зауыт Мәскеуде 1494 жылы салынды. 1552 жылы Иван Грозныйдың тұсында 48 бөшке қара оқ дәрі заряды Казань бекініс қабырғасын қирату мақсатында жарылған.

Таулы жобаларға сүйенсек, оқ дәріні тау ісінде 1627 жылы Венгрияда қолдана бастаған. Ресейде азаматтық мақсаттар үшін оқ дәрі алғаш рет 1548 – 1572 жылдар аралығында Неман өзенінің аңғарын тазарту үшін қолданылған.

Қара оқ дәрі XIX ғасырға дейін бес ғасырдан астам уақыт пайдаланылды. Қара оқ дәріні қолданумен жарылыс жұмыстары келесі түрде жүргізілді: оқ дәрі зарядын шпурға, зарядқа ұшы шпурдан шығып тұратындай етіп темір шыбық енгізеді. Содан соң шпурды саз балшықпен бітейді, кендір жіпті алады, ал пайда болған саңылау от өткізетін канал жасай отырып оқ дәрімен толтырылады. Шпурдың аузына оқ дәріні оның тұтануына дейінгі

уақытты қамтамасыз ететін қағаз тілімін орналастырады. Зарядтарды тұтандыру үшін оқ дәрімен толтырылған қамыс түтікшелер қолданылған.

Динамиттің және бризантты ЖЗ пайда болуы. 1845 жылы нитроглицериннің ашылуымен (Собреро, Италия) және динамиттің жасап шығарылуымен (А. Нобель, Швеция) ЖЗ тарихының алғашқы көп ғасырлық кезеңі аяқталады.

А. Нобельдің динамитті ашуы кездейсоқ болған. 1861 жылы Нобель Швецияда нитроглицерин өндірісі бойынша алғашқы зауыт ашады. «Жарылғыш майды», яғни нитроглицеринді тасымалдау кезінде, нитроглицерин қаптау кезінде қолданылатын кизельгурге төгіледі. Кизельгур нитроглицеринді өзінің салмағынан 3 есе көп сіңіретіндігін байқаған соң, А. Нобель алғаш динамитті, яғни 75% нитроглицерин және 25% кизельгурден тұратын қоспаны саудаға шығара бастады. Кейінірек А. Нобель кизельгурді анағұрлым белсенді абсорбенттермен (натрий нитратының целлюлозалы материалмен қоспасы) алмастырды.

ЖЗ дамуының 2-кезеңінің басында (XIX ғ. аяғы – XX ғ. басы) қысқа уақыт ішінде жаңа типті ЖЗ ашыла бастады. 1863 жылы алғаш рет тротил алынды, 1883 жылы тетрил ашылды. 1897 жылы алғаш рет қуатты ЖЗ гексоген, ал 1941 жылы октоген және т.б. алынды.

XIX ғасырдың екінші жартысында өнеркәсіптің қарқынды дамуы жаңа ЖЗ-лар мен иницирлеу құралдарын жасау мен өндіруге септігін тигізді. 1800 жылы Англияда Говард күркіреуік сынапты ашты, 1812 жылы Ресейде П.Л. Шилинг алғаш рет электрлі тұтандырғышты зарядтарды жару үшін қолданды; 1831 жылы Англияда У. Бинфорд отөткізгіш шнурды тапты, 1845 жылы Германияда Ф. Шенбайн коллоидты мақтаны ашты, 1847 жылы Италияда А. Собреро нитроглицеринді тапты, 1853 жылы Ресейде Н.Н. Зинин және В.Ф. Петрушевский құрамы бойынша динамитке ұқсас нитроглицерин негізіндегі ЖЗ ұсынды. Динамиттер 1864 жылы швед ғалымы А. Нобельмен патенттелді. 1865 жылы капитан Д.И. Андриевский ағаш гильзадағы алғашқы детонаторды ұсынды, 1867 жылы А. Нобель мыс гильзадағы күркіреуік сынап заряды түріндегі детонаторды патенттеді. 1863 жылы ал-

ғаш рет тротил алынды, оның жарылғыштық қасиеттері тек 1891 жылы ғана анықталды, 1867 жылы швед химиктері И. Ольсен және Н. Норбин құрамы жағынан заманауи аммиак-селитралы ЖЗ-ға жақын аммиак селитрасы негізіндегі ЖЗ ұсынды және патенттеді.

Зарядтарды иницирлеу үшін 1879 жылы детонирлеуші сым ұсынылды, оның мақта қағазды қабықшасы түйіршіктелген пироксилінмен толтырылды. 1885 жылы ЖЗ ретінде пикрин қышқылын қолдана бастады, ол ұзақ уақыт бойы маталарды бояғыш ретінде пайдаланылып келген. 1877 жылдан бастап тетрил қолданыла бастады, ол қазіргі кезде негізгі екіншілік иницирлеуші ЖЗ болып табылады.

1897 жылы гексоген ашылды, ал 1920 жылы бұл заттың ЖЗ екендігі анықталды. Жарылғыштық қасиетінің жоғарылығы, химиялық тұрақтылығы және өндірудің салыстырмалы түрде қарапайым технологиясына байланысты әлемнің көптеген елдерінде гексоген көп мөлшерде өндіріле бастады.

1891 жылы көп атомды спирт пентаэритриттің азотқышқылды эфирі түріндегі ЖЗ – тэн синтезделді. Бұл – нитроэфирлердің ішіндегі анағұрлым тұрақты жарылғыш зат. Тэн – қуатты ЖЗ-ның бірі. Қазіргі кезде тэн, негізінен, электрлі детонаторлар, аралық детонаторлар және детонирлеуші шнур өндірісінде қолданылады.

1892 жылы Д.И. Менделеев түтінсіз оқ дәрілердің құрамы мен дайындау технологиясын жасап шығарды. 1900 жылы күркіреуік сынаптан және тротилден тұратын комбинирленген капсуль-детонаторлар жасау ұсынылды. 1913 жылдан бастап капсуль-детонаторларда қорғасын азиді мен Тенересті пайдалана бастады. 1930 жылдан бастап КСРО-да нитроглицеринді динамиттер айтарлықтай қауіпсіз аммиак селитрасы негізіндегі ЖЗ-ға біртіндеп алмастырыла бастады: аммониттер (тротил, аммиак селитрасы және жанғыштың қоспасы) және динамондар (селитра мен жанғыштың қоспасы). 1950 жылдардың соңына қарай бұл ЖЗ-лар карьерлер үшін негізгі ЖЗ болды.

Аммониттер мен динамондар жасауда техника ғылымдарының кандидаты В.А. Асоновтың еңбегі зор. 1930 жылдардан

белгілі динамондар Ұлы Отан соғысы кезеңінде, елде ЖЗ тапшылығы туындаған кезде кеңінен қолданылды. 1953 жылдан бастап зарядтың қатпаршақтанып кетуі салдарынан, ұңғымаларды зарядтау кезінде динамондар қолданылмайды. Құрамында тротил жоқ қарапайым ЖЗ қолданысы 1950 жылы басталды, яғни академик Н.В. Мельников, профессор Г.П. Демидюк және басқа мамандардың жүргізген жұмыстары барысында түйіршіктелген аммиак селитрасының соляр майымен қоспасы, игданит жарылғыш заты қолданысқа ене бастады. Игданиттердің басқа ЖЗ-дан ерекшелігі жарылмайтын компоненттерден дайындалуы болып табылады.

Жарылғыш заттардың заряд өлшемдерін есептеу бойынша алғашқы белгілі эмпирикалық тәуелділіктерді 1669 жылы француз маршалы және ғалымы Вобан ұсынды.

Топырақты жару және белгілі өлшемі бар воронка түзілу шарттары үшін шығарылған формулалар одан әрі тау ісінде пайдаланыла бастады.

1749 жылы М.В. Ломоносов алғаш рет жарылыс құбылысын және оның қоршаған ортаға әсерін түсіндірді, ал ЖЗ дайындау технологиясы бойынша алғашқы еңбекті Ресейде 1799 жылы А.А. Мусин-Пушкин жариялады. 1871 жылы М.М. Боресков М.М. Фролов еңбектерінің негізінде қазірге дейін кеңінен қолданылып келе жатқан зарядтардың тасталуын есептеуге арналған формула ұсынған.

Кеңес ғалымдары-академиктер Н.Н. Семенов, Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон, М.А. Садовский, М.А. Лаврентьев, Н.В. Мельников, Л.Я. Компанеецтер ЖЗ зарядтарының детонацияға ұшырау мәнін сипаттау бойынша іргелі зерттеу жұмыстарын жүргізген. Тау жынысына жарылыстың әсеріне байланысты физикалық құбылыстарды талдауда техника ғылымдарының докторлары А.Ф. Беллев, Ф.А. Баум, Б.М. Шехтер, К.К. Андреев, Г.П. Демидюк, М.М. Докучаев, Э.О. Миндели және т.б. қосқан үлестері зор.

Жарылыс арқылы тау жыныстарын талқандау механизмін іргелі зерттеулер профессор Г.И. Покровскийдің еншісінде.

Алғашқы аммиак-селитралы ЖЗ. 1867 жылы швед зерттеушілері И. Ольсен және И. Норбен аммиакты селитраны әртүрлі жанғыш қосымшалармен сенсублизирлеуге болатынын анықтады және аммиак селитрасының көмірмен, көміртекқұрамды, азотқұрамды органикалық заттар негізіндегі қоспасынан тұратын ЖЗ дайындауды ұсынды. Сонымен қатар олар динамиттің құрамындағы натрий нитратын аммиакты селитрамен алмастыруға болатындығын тапты.

Кейінгі жылдары аммиак-селитралы жарылғыш заттар (АСЖЗ) кең қолданысқа ене бастады.

Кеңестік одақта ХХ ғасырдың 30-жылдары нитроглицеринді жарылғыш заттармен қатар (динамит, сольвенит, гризутин) құрамында аммиакты селитра мен тротил бар АСЖЗ пайда болды. Бұл құрамдар аммониттер деп аталды. АСЖЗ қолданысының кеңеюі тек экономикалық тиімділігіне байланысты емес, сонымен қатар олардың қолданудағы қауіпсіздігі мен улылығы жағынан артықшылықтары басым болып табылады.

Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін соғысқа дейінгі аммониттермен салыстырғанда анағұрлым тиімді аммониттер шығарыла бастады. Осы кезеңдерде көмір шахталарына арналған жаңа арнайы өндірістік жарылғыш заттар (ӨЖЗ) пайда болды.

ӨЖЗ өндірісінде жалпы бүкіл әлемде нитроглицеринді жарылғыш заттар АСЖЗ-мен алмастырыла бастады. Мысалы, АҚШ-та өндірілетін ӨЖЗ жалпы мөлшері 1970 жылға қарай 1020 мың т болса, соның ішінде динамиттер шығару 100 мың т құрады. Кеңестік одақта шығарылатын нитроглицеринді ЖЗ үлесі де ӨЖЗ жалпы балансында мардымсыз болды.

ХХ ғасырдың 60-жылдарынан бастап Кеңестік Одақ елдерінде ӨЖЗ игданит, гранулиттер, түйіршік гранулиттер сияқты түйіршікті жарылғыш заттармен толыға бастады. Жаңа ӨЖЗ пайда болуымен ұңғымаларда зарядтау процестерін механикаландыру, кейбір жағдайларда автоматтандыру және жару жұмыстарын қарқындатуға мүмкіндік туды. АСЖЗ механикалық әсерге сезімталдығы төмен болғандықтан, жару жұмыстарын жүргізу орындарында жарылғыш қоспалардың механикаландырылған ірі тоннажды өндірісін ұйымдастыру мүмкін болды.

1.2. Өндірістік жарылғыш заттардың компоненттер құрамы бойынша жіктелуі

Қатты ӨЖЗ. Химиялық заттар мен қоспалардың көп мөлшері жарылысты айналуға бейім екені белгілі. Дегенмен өндірістік жарылғыш заттар ретінде тәжірибелік қолданыс үшін химиялық қосылыстардың бәрі бірдей жарамды бола бермейді. Олар қолданыста және өндірісте қауіпсіз болуы, сонымен қатар тиімділігі жағынан дайындау мен қолдануға кететін шығындарды ақтауы қажет.

Физикалық күйі бойынша ӨЖЗ қатты, иілгіш және сұйық болып келеді.

Қазіргі кезде жарылыс жұмыстары үшін қатты (монолитті және себілмелі) және иілгіш күйдегі ЖЗ пайдаланылады.

Монолитті қатты ЖЗ (мысалы ретінде құйылған немесе нығыздалған тротил) жарылыс жұмыстары үшін салыстырмалы түрде аз мөлшерде қолданылады. Көп жағдайда қатты ӨЖЗ ұнтақ немесе түйіршік түрінде пайдаланылады. Қолдануға ыңғайлы болу үшін ұнтақ тәріздес ЖЗ-ны қағазды гильзаға, полимерлі қабықшаға немесе қатты қабықшада орналасқан шлангті зарядқа патрондайды.

Жеке бризантты ЖЗ (тротил, гексоген және т.б.) және жарылыс кезінде өзара химиялық реакцияға түсетін (қоспалы ЖЗ) компоненттердің механикалық қоспалары *себілмелі қатты ЖЗ* болып табылады.

Қоспалы ЖЗ-ға типтік өндірістік жарылғыш құрамдар жатады: аммониттер, детониттер, динамондар, алюмотол және т.б. Қоспалы ӨЖЗ-ң, әдетте, құрамында оттегіге бай заттар бар (аммиакты, натрийлі немесе кальцийлі селитралар; хлораттар және перхлораттар), сонымен қатар жарылыс процесінде жартылай немесе жоғарыда аталған заттардың оттегісі есебінен толық жанып кететін компоненттер болады.

Жанғыш компоненттер ретінде парафин, дизель отыны, ағаш ұнтағы, көмір, алюминий ұнтағы және т.б. сияқты жарылмайтын заттар немесе олардың құрамына кіретін көміртегі мен сутегінің

толық тотығуы үшін қажетті оттегінің мөлшері жетімсіз болатын ЖЗ бола алады (тротил, гексоген және т.б.).

Қоспалы ӨЖЗ қатарынан анағұрлым кең қолданыс тапқан аммиак-селитралы жарылғыш заттар, олардағы негізгі оттеkkұрамды компонент аммиакты селитра (аммоний нитраты) – NH_4NO_3 болып табылады.

АСЖЗ-ға аммониттер, түйіршік гранулиттер, аммоналдар, дтониттер, динамондар жатады.

Жарылысты айалулар реакциясына қатысатын компоненттерден басқа кейбір қоспалы ӨЖЗ құрамына оларға ерекше қасиет беру үшін инертті қосымшалар қосады. Мысалы, жалынды өшіру үшін ЖЗ құрамына ас тұзын немесе басқа да тұз қосады. Мұндай құрамдар «сақтандырғыш» өндірістік жарылғыш заттар деп аталады.

Құрамында тротил бар аммиак-селитралы қоспалар аммониттер деп аталады. Аммониттердің құрамына жанғыш жарылмайтын заттар кіруі мүмкін.

Негізгі аммониттер мен аммоналдардың құрамдары 1-кестеде келтірілген.

1-кесте

Сақтандырғыш және сақтандырғыш емес аммониттер мен аммоналдардың құрамдары, %

Зат	Сақтандырғыш емес ЖЗ			Сақтандырғыш ЖЗ		
	Аммониттер		Аммонал	Аммониттер		
	6ЖВ	№1 жартастық		АП-5ЖВ	ПЖВ-20	Т-19
Аммиакты селитра	79	66	72	70	64	61
Тротил	21	5	4	18	16	19
Гексоген	-	24	15	-	-	-
Алюминий (ұнтақ)	-	5	8	-	-	-
Натрий	-	-	-	12	20	20
хлориді	-	-	1	-	-	-
Динитротолуол						

Тротилді түйіршікті аммиак селитрасымен қарапайым араластыру арқылы дайындалған ірі дисперсті аммониттер түйіршікті гранулиттер немесе граммониттер деп аталады. Құрамына басқа компоненттермен қатар, алюминий ұнтағы немесе опасы кіретін аммониттер аммоналдар деп аталады. Құрамына алюминий ұнтағы немесе опасы кіретін түйіршікті гранулиттер (граммониттер) граммоналдар деп аталады. Кейбір түйіршікті гранулиттердің құрамы 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте

Түйіршікті гранулиттер құрамы, %

Зат	Граммониттер			Граммоналдар	
	79/21	50/50-B	30/70	A-8	A-45
Аммиак селитрасы	79	50	30	80	40
Тротил	21	50	70	12	45
Алюминий опасы	-	-	-	8	15

Құрамында аммиак селитрасынан басқа тек қана жанғыш жарылмайтын заттар бар ӨЖЗ динамондар деп аталады. Олардың қатарына түйіршіктелген селитраның соляр майымен қоспасын (дизель отыны) – игданиттерді және алюминий опасымен жабылған осындай қоспалар – гранулиттерді жатқызуға болады. Динамондардың құрамы келесі кестеде көрсетілген.

3-кесте

Динамондар құрамы, %

Зат	Игданит	Гранулиттер				
		М	АС-4	АС-8	АС-4В	АС-8В
Аммиак селитрасы	94,5	94,5	91,8	89	91,8	88
Минералды май	5,5	5,5	4,2	3	4,2	4
Алюминий опасы	-	-	4	8	4	8

Аммиак-селитралы жарылғыш заттардың ерекше тобын құрамында аздаған мөлшерде (15%-ға дейін) сұйық нитроэфирлер бар жарылғыш заттар құрайды. Мұндай жарылғыш заттарға де-

тониттер және углениттер жатады. Өндірісте және қолдануда қауіпті болғандықтан, құрамында сұйық эфирлер кездесетін ЖЗ-ны нитроглицеринді ЖЗ тобымен біріктіреді.

Кейбір детониттер мен углениттердің құрамдары 4-кестеде көрсетілген.

4-кесте

Төмен пайызды нитроглицеринді ЖЗ құрамы, %

Зат	Детониттер				Углениттер		
	6A	10A	15A-10	M	Э-6	5	7
Аммиак селитрасы							
ЖЗ							
Нитроэфирлер	77	76	74	78	-	14	-
қоспасы	6	10	14,7	10	14	10	10
Тротил	11	8	-	-	-	-	-
Алюминий	5,3	5,2	10	10,7	-	-	-
(опасы)	0,7	0,7	1	1	1	-	-
Кальций стеараты	-	0,1	0,3	1,3	0,2	-	-
Коллоидты мақта	-	-	-	-	46,3	-	-
Натрий нитраты	-	-	-	-	-	-	57
Калий нитраты	-	-	-	-	2,5	1	2
Ағаш ұны	-	-	-	-	-	75	-
Натрий хлориді	-	-	-	-	7	-	-
Калий хлориді	-	-	-	-	29	-	30
Аммоний хлориді	0,25	0,2	0,2	0,2	-	-	-
Сода							
(100%-дан астам)							

Себілмелі ӨЖЗ-ға түйіршіктелген тротил-гранулол, сондай-ақ тротилдің алюминий ұнтағымен құймасынан тұратын түйіршіктер – алюмотол жатады.

Иілгіш ӨЖЗ. Әдетте, олар екі типті болады: қатты компоненттердің сұйық желатинделген массасы мен қоспасынан тұрады немесе қатты дисперсті толтырғышпен (композиттік иілгіш ЖЗ) толтырылған полимерлі матрица түрінде болады.

Сұйық желатинделген массасы бар иілгіш ЖЗ құрамында бастапқыда 75% нитроэфирлер болған және динамиттер деп аталған.

Композиттік иілгіш ЖЗ құрылымы бойынша ішінде гексоген, тән сияқты қуатты бризантты жарылғыш заттардың қатты бөлшектері біркелкі таралған, жасанды каучуктың пластифицирленген полимерлі материал болып табылады. Полимерлі материалдың типі бойынша олар пластиттер және эластиттер деп бөлінеді. Олар металдарды өңдеуде және басқа материалдарды қысыммен өңдеуде, әртүрлі конструкцияларды кесуде және т.б. жиі қолданылады.

Су құрамды өндірістік жарылғыш заттар. Су құрамды жарылғыш заттар екі типке бөлінеді: гель тәріздес және эмульсиялық.

Қазіргі кезде жару жұмыстарында сұйық толтырғыш және пластифицирлеуші материал ретінде сулы гельдер қолданыла бастады. Мұндай композициялар гель тәріздес ЖЗ деп аталады.

Гель түзгіш заттар ретінде суда ісінетін жасанды және табиғи шайырлар (мысалы, карбоксиметилцеллюлоза тұздары, полиакриламид, полисахаридтер және т.б.) пайдаланылады. Сулы гельдер тек толтырғыш және пластификатор болып қана қоймайды, сонымен қатар жарылғыш заттан селитраның және суда еритін басқа да тұздардың жуылып кетуінің алдын алады немесе шайылуын баяулатады. Олар жарылғыш заттарға иілгіштік және эксплуатациялық сапасын жақсартатын қасиет береді.

Су құрамды ЖЗ-ның қарапайым композициясы, сулы гелден басқа, аммиак селитрасынан, тротилден немесе алюминийден тұрады. Анағұрлым күрделі құрамдарда тротил мен алюминий, тротилдің гексоген немесе тәнмен түйіршіктелген құймасы, сілтілік және сілтілік жер металдарының нитраттары, антифриздер және т.б. кездеседі. Гель тәріздес су құрамды жарылғыш заттардың келесі рецептуралары кеңінен қолданылады: акватолдар, карботолдар, акваналдар, акваниттер.

Акватолдардың қатты фазасы түйіршіктелген аммиак селитрасының гранулол немесе алюмотолмен қоспасынан тұрады. Сұйық фаза ретінде карбоксиметилцеллюлозаның тұзымен қоюлатылған селитраның қаныққан ерітіндісі пайдаланылады.

Карботолдар – ұңғымаға жүктелгеннен кейін қататын су құрамды ЖЗ-ның құймалы құрамдары. Оларды тротилмен сенси-

билденген төмен балқитын аммиак селитрасынан және карбамидтен дайындайды. Құрамға ерітінді түзу үшін 3-5% су енгізіледі.

Акваналдар металданған қатты фазаның (алюминий ұнтағы немесе силикаалюминий) аммиак селитрасының қаныққан сулы ерітіндісімен қоспасы болып табылады.

Акваниттер – кальций, натрий немесе аммоний нитраттарының қаныққан ерітінділерімен пластифицирленген аммиак селитрасының тротилмен, гексогенмен немесе алюминий ұнтағымен қоспасы.

Гель тәріздес жарылғыш заттардың түйіршікті және ұнтақ тәріздес ЖЗ-мен салыстырғандағы негізгі артықшылығы олардың жоғары тығыздығы ($1300 - 1500 \text{ кг/м}^3$), суға тұрақтылығы, зарядты сыйымдылықты мәжбүрлі түрде тығыздамай-ақ бүтіндей толтыру қабілеті, механикалық және жылулық әсерге тұрақты болғандықтан қауіпсіз қолданысы болып табылады. Десек те, рецептуралық құрамның және дайындау технологиясының күрделілігіне байланысты мұндай ЖЗ қатты себілмелі ЖЗ-мен салыстырғанда қымбат болып келеді.

Эмульсиялық ЖЗ, негізінен, аммиак селитрасынан (кей жағдайда натрий немесе калий селитрасының қосылуымен) және сұйық мұнай өнімінен (дизель отыны, индустриалды май, мазут және т.б.) тұрады. $60 - 90^\circ\text{C}$ температураға дейін қыздырылған тотықтырғыш ерітіндісін диспергирлейді және эмульгатордың аз ғана мөлшерін қосып, қыздырылған мұнай өнімінде эмульгирлейді, бұл кезде ерітіндінің әрбір тамшысы мұнай өнімінің қабықшасымен жабылуы керек. ЖЗ үшін эмульсия дайындаудың ерекшелігі дисперсті фазаның, яғни тотықтырғыш ерітіндісінің көп мөлшері (94-95%) және сәйкесінше жанғыш пен эмульгатордың аз мөлшері болып табылады. Эмульсияны газификациялап және детонацияға қабілетті күйге өткізу үшін ЖЗ қолдану орнында натрий нитритінің сулы ерітіндісі пайдаланылады.

Эмульсиялық және түйіршікті ЖЗ дайындау үшін жару жұмыстарын жүргізу және ұңғымаларды зарядтау орындарында арнайы қоспа-зарядты машиналар қолданылады. Қоспа-зарядты машиналар дайын жарылғыш қоспаларды ЖЗ дайындайтын ста-

ционарлы пункттерден жару жұмыстарын жүргізу орындарына тасымалдайды. Сонымен қатар жарылғыш қоспалар дайындау үшін ЖЗ компоненттерін тасымалдап, жару жұмысын жүргізетін орындардағы ұнғымаларды зарядтауда маңызы зор.

Сұйық өндірістік жарылғыш заттар. Құрылымы және құрамы бойынша сұйық ӨЖЗ екі топқа бөлінеді: сұйық нитроалкандар негізіндегі қоспалар және гидразин тұздарының негізіндегі қоспалар.

Сұйық нитроалкандардың ішінде мұнай өндіру кәсіпорындарында жару жұмыстарын жүргізу кезінде пласт ішін жаруға арналған нитрометан ерекше орын алады.

Қоюландырылған нитрометан және аммиак селитрасы немесе алюминий ұнтағымен қоспасы негізінде иілгіш тығыз және суға тұрақты ЖЗ алуға болады. Оның қуаттылығы динамиттен кем түспейді, сонымен қатар механикалық әсерге сезімталдығы, улылығы және құны төмен болып келеді.

Гидразин гидраты ($\text{NH}_2\text{NH}_2\text{H}_2\text{O}$) негізіндегі қоспалар есептеулік энергетикалық көрсеткіштерінің жоғарылығымен сипатталады. Гидразиннің аммиак селитрасымен қарапайым қоспасы белгілі.

1.3. Қолданылу мақсаты бойынша жарылғыш заттардың жіктелуі

Қолданылуы (мақсаты) және жарылу қасиетінің ерекшеліктері бойынша барлық ЖЗ екі топқа бөлінеді: иницирлеуші және бризантты ЖЗ.

Иницирлеуші ЖЗ (лат. *initium* – бастамасы) жарылғыш зарядтар немесе оқ-дәрілік және қатты отын зарядтарының жарылу процесін иницирлеу үшін қолданылады. Бұл заттарды біріншілік ЖЗ деп атайды. Иницирлеуші ЖЗ-ның бастапқы импульстің қарапайым түрлеріне (соққы, үйкеліс, түйреу, қыздыру) аса жоғары сезімталдығымен және аз мөлшерде жарылысқа қабілеттілігімен сипатталады.

Бризантты ЖЗ (франц. *briser* – ұсақтау) қару-жарақ және жару құралдарының элементтері, яғни жарылу зарядтары түрінде талқандау жұмысын жасау үшін қолданылады. Бризантты ЖЗ екіншілік деп аталады. Олар қарапайым бастапқы импульстерге сезімталдығы төменірек және жарылысты импульске қабілетті, энергия шығымы жоғары және иницирлеуші ЖЗ-мен салыстырғанда айтарлықтай көп мөлшерде жарылуға қабілетті болып келеді.

Иницирлеуші және бризантты ЖЗ құрамы бойынша жеке (жеке химиялық қосылыстар) және қоспалы немесе күрделі (қоспалар, жарылғыш немесе жарылмайтын қосылыстардың құймасы) болып бөлінеді.

1.4. Жарылғыш заттардың физика-химиялық сипаттамалары

Жарылғыш заттардың физика-химиялық сипаттамаларына тығыздық, иілгіштік, басылып нығыздалу, гигроскоптылық, суға тұрақтылық, қабыршақтану, сезімталдық, экссудация, тұрақтылық жатады.

Тығыздық – бұл ЖЗ массасының алатын көлеміне қатынасы, г/см^3 , кг/дм^3 және т/м^3 түрінде өрнектеледі. Ол ЖЗ-ның жарылғыш сипаттамаларына әсер етеді. Әрбір ЖЗ үшін жарылыс кезінде ең жоғары эффектіге қол жеткізуге болатын оңтайлы тығыздық болады. Себілмелі жарылғыш заттар үшін себілмелі немесе гравиметриялық, ал тұтас (сұйық, иілгіш, балқыған, патронда нығыздалған ұнтақтар) жарылғыш заттар үшін нақты тығыздық тән.

Дисперстілік – себілмелі ЖЗ бөлшектері өлшемдерінің сипаттамасы. ЖЗ-лар ірі дисперсті (бөлшектерінің өлшемдері – 1 – 5 мм) және ұсақ дисперсті (бөлшектерінің өлшемдері – 0,01 – 0,5 мм) болып екіге бөлінеді. Ірі дисперсті ЖЗ-ға түйіршіктелген, ал ұсақ дисперстіге ұнтақ тәріздес ЖЗ жатады. Түйіршіктелген ЖЗ-ның дисперстілігі олардың түйіршіктерінің өлшемімен және гранулометриялық құрамымен анықталады. Ұнтақ тәріздес ЖЗ дисперстілігі дайындау кезіндегі олардың ұсақталу дәрежесінен тәуелді.

ЖЗ-ның дисперстілігінен немесе гранулометриялық құрамынан оның көптеген басқа қасиеттері (детонациялық қабілеті, себілмелілігі, нығыздалуы, суға тұрақтылығы және т.б.) тәуелді.

Иілгіштік – ЖЗ-ның заряд формасын өзгерте отырып, жеңіл деформациялану қасиеті, бұл кезде ЖЗ-ның белгілі бір тығыздығы сақталады. Иілгіш ЖЗ-лар (мысалы, акваниттер және гель тәріздес акватолдар) ұнтақ тәріздес ЖЗ-мен салыстырғанда жоғары тығыздыққа ие. Иілгіштік қасиет уақыт өте келе төмендейді, яғни температураның төмендеуімен немесе сұйық фазаның ұшып кетуінен ЖЗ қатайды.

Басылып нығыздалу – ұнтақ тәріздес ЖЗ-ның сақталуы кезінде себілмелілігін және детонацияға сезімталдығын жоғалтумен тығыз массаға айналу қабілеті. Бұл ЖЗ-ның детонациялық қабілеттілігін төмендетеді, тіпті ЖЗ қолдануға жарамсыз болып қалуы да мүмкін.

Көбінесе аммиак-селитралы ЖЗ-лар нығыздалып басылып қалуға бейім келеді. Аммиак селитрасының гигроскоптылығы жоғары болғандықтан, оның құрамында ерітінді түріндегі ылғалдың қандай да бір мөлшері болады.

Гигроскоптылық – ЖЗ-ның ылғалды сіңіріп, дымқылдану қабілеті. Гигроскоптылық гигроскоптылық нүкте шамасымен, яғни белгілі бір заттың қаныққан ерітіндісі үстіндегі бу серпімділігінің, сол температурада ауаны қанықтыратын су буларының серпімділігіне қатынасымен бағаланады. Гигроскоптылық нүктесі салыстырмалы ылғалдылықтың пайызымен өрнектеледі және заттың кеуіп кетпейтін және ылғалданбайтын күйін сипаттайды. Заттың гигроскоптылық нүктесі неғұрлым жоғары болған сайын, оның гигроскоптылығы соғұрлым аз болады. Гигроскоптылық нүктесінің шамасы көптеген гигроскопты заттар үшін температураның өсуімен төмендейді, ал ылғалды сіңіру жылдамдығы артады. Өнеркәсіптік ЖЗ өндірісінде қолданылатын тұздардан кальций селитрасы (25°C температурада гигроскоптылық нүктесі 44%) мен аммиак селитрасы (62,7%) күшті гигроскопты, натрий селитрасы (74,5%) мен хлорлы натрий (75,5%), хлорлы аммоний (78,5%) орташа гигроскопты, ал калий селитрасы (92%) және хлорлы калий (83,4%) аз гигроскопты бо-

лып табылады. Көптеген аммиак-селитралы ЖЗ-ның гигроскоптылық нүктесі 15-20°C температурада 60-68%-ды құрайды. Ылғалдану ЖЗ-ның физикалық тұрақтылығын бұзады және детонацияға қабілеттілігін төмендетеді.

Суға тұрақтылық – ЖЗ патрондарының сумен жанасқан кезде белгілі бір уақыт бойы жарылғыш қасиетін сақтау қабілеті. Ұнтақ тәріздес ЖЗ негізін құраушы аммиак селитрасы оңай ылғалданады. Сондықтан ұнтақ тәріздес жарылғыш заттарды суға тұрақты ЖВ маркалы аммиак селитрасын қолдану арқылы дайындайды. Себебі ол алыну жағдайында гидрофобтау сатысынан өтеді. ЖЗ құрамына гидрофобты қосымша қосу арқылы да суға тұрақтылығын арттыруға болады. Мысалы, кейбір ЖЗ құрамына гидрофобизаторлар қосылады: динафталитке парафин, нитроэфирлі ЖЗ-ға ұсақ дисперсті кальций стеараты және т.б. жатады. Гидрофильді нитроэфирлер суға тұрақты селитраны және қоспаның басқа да компоненттерін ылғалдандырып, ЖЗ-ның суға тұрақтылығын төмендетеді. Бұл құбылысты болдырмау үшін оларды нитроцеллюлозаның аз ғана мөлшерімен желатиндеп, ал бүкіл қоспаны бетінен стеаратпен опалайды.

Қабыршақтану немесе сегрегация – өздігінен немесе сыртқы себептер (зарядтау және тасымалдау жағдайларында) салдарынан ЖЗ құрамының біртектілігін жоғалтуы, яғни құраушы бөліктерге немесе жеке компоненттерге бөліну қасиеті. Қабыршақтану компоненттері меншікті салмағы, формасы және бөлшектер өлшемі жағынан күшті өзгешеленетін қоспалық себілмелі ЖЗ-ға тән.

Игданитте ЖЗ-ның төменгі қабаттарына дизельді отынның ағуы байқалады. Су толтырғыш ЖЗ-да сұйық фазаның мөлшері көп (40%-дан жоғары) болған жағдайда және қоюландырылуы жеткіліксіз болғанда төменгі қабаттарда қатты компоненттердің тұнуы мен жинақталуы орын алады.

Иницирлеуге сезімталдық – жарылысты қоздыруға қажетті бастапқы импульс шамасы.

Экссудация – ЖЗ-ның сақтау барысында өзінің құрамынан сыртқа сұйық және оңай балқитын компоненттер бөлу қабілеті. Ол сұйық нитроэфирлерден тұратын ЖЗ-да жақсы байқалады. Экссудация ылғалдануға және ЖЗ-ның қызуына немесе суы-

нуына әкеледі. Ол ЖЗ-мен жұмыс істеу қауіптілігін арттырады және қауіпсіздік ережелерін қатаң сақтауды талап етеді. Экссудацияның алдын алу үшін нитроцеллюлозамен желатиндейді немесе сіңіргіштер қосады.

Тұрақтылық – ЖЗ-ның химиялық және физикалық қасиеттерін сақтау қабілеті. Тұрақтылық физикалық және химиялық болып бөлінеді.

Физикалық тұрақтылық – ЖЗ-ң қалыпты қойма жағдайында кепілді сақтау мерзімі бойында өзінің физикалық қасиеттері мен құрылымын (гранулометриялық құрамы, себілмелілігі немесе аққыштығы, иілгіштігі, басылып нығыздалмауы және т.б.) өзгеріссіз сақтау қабілеті.

Химиялық тұрақтылық – ЖЗ сақтаудың белгілі бір кезеңі бойы ыдырауға қарсы тұру қабілеті, яғни химиялық құрамы мен химиялық қасиеттерін сақтауы. Ол ЖЗ-ның химиялық табиғатынан, олардың құрамында тұрақсыз қоспа немесе компоненттердің бар немесе жоқ болуынан, сонымен қатар сақтау және қолдану жағдайынан тәуелді.

Барлық шығарылатын өндірістік ЖЗ-лар қалыпты жағдайда сақтау және қолдану кезінде химиялық тұрақты болып келеді. Оларды құрамы мен қасиеттерінің өзгеруінсіз жылдар бойы сақтауға болады. ЖЗ-ның ішінде нитроқосылыстар (тротил, гексоген, динитронафталин) және олардың аммиак селитрасымен қоспалары анағұрлым тұрақты. Гранулотол мен алюмотол жерасты суларының қышқылдығы жоғары болған жағдайда ұңғымаларды зарядтауға жарамды. Кейбір ЖЗ құрамына кіретін сұйық нитроэфирлердің тұрақтылығы төмен болып келеді. Олар қышқылдар қалдығы және кейбір басқа да тұрақсыз қоспалардың әсерінен ыдырайды. Шайылу сапасын химиялық тұрақтылыққа арнайы сынау арқылы бақылайды. Сонымен қатар нитроэфирлі ЖЗ құрамына ыдырау кезінде түзілетін азот тотықтары мен қышқылды бейтараптандыратын тұрақтандырғыш қосымша ретінде сода немесе бор қосады.

Аммиак-селитралы ЖЗ аммоний нитратымен белсенді әрекеттесетін сульфидтердің (пирит, колчедан және т.б.) әсеріне тұрақсыз болып келеді.

1.5. Жарылғыш заттардың жарылғыштық сипаттамалары

Жарылғыштық сипаттамаларға жарылыс жылуы, газдар көлемі, бризанттық, детонация, жұмыс істеу қабілеті және тозу (қартаю) жатады.

Жарылыс жылуы – тау жыныстарды талқандау кезінде ЖЗ-ның эффектілігін бағалаудың негізгі сипаттамаларының бірі. ЖЗ-ның жарылысы кезінде көптеген өндірістік газдар 1800... 4400°C температураға дейін қызады.

Газдар көлемі – 1 кг ЖЗ жарылған кезде бөлінетін газ тәріздес өнімдердің көлемі. 1 кг өндірістік ЖЗ жарылған кезде бөлінетін газдар көлемі 300 – 1000 л/кг аралығында болады және ЖЗ-ның құрамынан және тығыздығынан тәуелді.

Бризанттылық – ЖЗ-ның жарылыс кезінде қатты жыныстарды ұсақтау қабілеті. Бризанттылықтың екі түрі бар: жергілікті (бризантты) немесе ұсақтаушы әсер және жалпы немесе фугасты әсер. Жарылыстың бризантты әсері ЖЗ-ның зарядымен жанасқанда жыныстың өзгеруімен сипатталады.

Жарылыстың фугасты әсері кезінде жыныстар соққы толқындарының және газдардың поршендік әсері есебінен зарядтан белгілі арақашықтықта талқандалады. Бризанттылық қорғасынды бағандарда (Гесс сынамасы) анықталады.

Детонация ЖЗ бойымен детонациялық толқынның таралуымен байланысты. Детонациялық толқын өткен кезде қысым, температура және ЖЗ тығыздығының секірмелі түрде өзгеруі орын алады. ЖЗ зарядының детонация жылдамдығы ЖЗ-ның сипаттамаларынан (құрамы, дисперстілігі, тығыздығы), диаметрден және жарылыс жасау жағдайынан тәуелді. Детонация жылдамдығын шнурдың белгілі детонация жылдамдығын зарядты сынау кезінде алынған мәнімен салыстыру әдісімен анықтайды (Дотриш әдісі).

Жұмыс жасау қабілеті – ЖЗ-ның жарылыс кезінде қоршаған ортаның қирауы және оның сығылуы бойынша механикалық жұмыс жасау қабілеті. Жұмыс жасау қабілетін қорғасынды бомбада (Трауцль бомбасы) анықтайды.

Тозу – ЖЗ-ның белгілі уақыт бойында қайтымсыз нашарлау процесі немесе толық жарылғыш қасиетінің жойылуы. ЖЗ тозуы кезінде олардың сыртқы әсерлерге сезімталдығы нашарлайды, сонымен қатар детонацияға ұшырау қабілеті төмендейді.

Бақылау сұрақтары:

1. Жарылғыш заттардың қолданылуы және даму тарихы.
2. Жарылыс ісінің теориясы мен практикасына үлес қосқан ғалымдар.
3. Өндірістік жарылғыш заттардың компоненттер құрамы бойынша жіктелуі.
4. Жарылғыш заттардың физика-химиялық және жарылғыштық сипаттамалары.
5. Гигроскоптылық нүкте және оның ЖЗ детонациясына әсері.
6. Бризанттылық және оның түрлері.

II

ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАР ТЕОРИЯСЫНЫҢ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕРІ

2.1. Жарылыс және жарылғыш заттар түсінігі

Жарылыс – газ тәрізді өнімдердің потенциалдық энергиясының кинетикалық энергияға айналуы арқылы жүретін, заттардың немесе заттардың қоспаларының бір күйден екіншісіне физикалық немесе химиялық түрде өте жылдам айналуы. Жарылыс қоршаған ортада қысымның секірмелі жоғарылауы түрінде соққы толқыны пішінінде көрінеді. Сонымен қатар жарылыс кезінде соққы толқынының әлсіреуі және оның дыбыс толқынына өтуі нәтижесінде туындайтын дыбыс әсері орын алады. Жарылыс кезінде соққы толқыны мен қатты сығылған газдардың түзілуі оның қирату әрекетін туындатады.

Химиялық жарылыс – белгілі бір заттардың немесе олардың қоспаларының көп мөлшердегі жылу мен газдар бөле отырып, өздігінен өте жылдам таралатын химиялық түрленуі. Газдар бөлу арқылы өздігінен таралатын реакция жүргізу қабілеті молекулаларды белсендіруге қажетті энергия деңгейінің төмендігі салдарынан, мұндай молекулалардың термиялық төзімділігіне қатысты алғанда төмен және жылу бөліну кезінде ыдырап кететін заттарда немесе қоспаларда байқалады.

Химиялық жарылыс жылдам жанудан (мәселен, қара оқ-дәрі) туындайтын жарылыс түрінде жүруі мүмкін. Жану кезінде жылу өзінің алдындағы қабаттарға қатты заттардың жылу өткізгіштігі есебінен немесе газдардың диффузиясы есебінен, ал детонация кезінде жылу жарылғыш заттың жіңішке қабаты мен ондағы ауа көбігінің күрт сығылуы немесе қатты қызуы кезінде пайда бола-

тын соққы толқыны арқылы беріледі. Мұның нәтижесінде осы заттағы химиялық реакциялардың жүру жылдамдығының артуына жағдай жасалады. Энергияның соққы толқынымен берілу жылдамдығы энергияның жылу өткізгіштік немесе диффузия есебінен берілу жылдамдығынан бірнеше есе артық.

Соққы толқыны – қоршаған ортада таралатын қысым мен тығыздықтың, мәселен жылдам кеңейетін газ тәрізді жарылыс өнімдерінің әсерінен күрт өзгеруі. Ауада ауа толқыны таралса, жарылыс зат заряды бойынша жарылыс затты жарылыс әсерінен ыдыратуға және оны бір деңгейде ұстап отыруға қабілетті детонациялық толқын таралады.

Мұны соққы толқынынан және химиялық реакция аймағынан тұратын, соққы толқынының фронтындағы қысымды тұрақты деңгейде ұстайтын жылу бөлетін өздігінен таралатын кешен ретінде қарастыруға болады. Заряд маңында ауадағы соққы толқынының жылдамдығы детонация жылдамдығынан біршама асып түседі. Жарылыс ошағынан алыстаған сайын, соққы толқынының жылдамдығы мен энергиясы бәсеңдейді де, соңында ол дыбыс толқынына түрленеді.

Детонациялық толқын ЖЗ бойынша тұрақты жылдамдықпен, ал соққы толқыны химиялық инертті орталарда бәсеңдеп таралады.

Детонация – берілген жарылыс жағдайлары мен заряд күйі үшін ең жоғары тұрақты жылдамдықпен таралатын ауа толқынының экзотермиялық химиялық айналу процесі. Детонациялық толқынның заряд бойынша таралу жылдамдығы детонация жылдамдығы деп аталады. Детонациялық толқынның таралу фронты қызған жарылыс газдарымен қатты сығылған, бастапқы күйдегі ЖЗ арасындағы шекараны көрсетеді. ЖЗ кейбір қабаттарындағы қызу және экзотермиялық реакцияның жүру құбылысы тиісті заттың детонациялық толқын фронтында соққыдан сығылуы есебінен жүзеге асады. Детонациялық толқындағы газдардың қысымы бірнеше жүздеген мың атмосфераға дейін жетеді. Жарылыстан ыдырау реакциясы тікелей толқын фронтында аяқталады. Химиялық реакция аймағының ені жарылғыш заттың химиялық табиғаты мен физикалық күйіне тәуелді. Ірі түйірлі біртекті жарылғыш заттарда ол жеке біртекті жарылғыш заттарға қарағанда едәуір кең.

Жарылғыш заттар – сыртқы әсердің (бастапқы импульс) әсерінен газ тәрізді өнімдер түзу және оларды жоғары температураға дейін қыздыратын көп мөлшердегі жылу бөлу арқылы жүретін өздігінен таралатын химиялық түрленуге қабілетті, табиғаттары бойынша әртүрлі заттардың жеке химиялық қосылыстары немесе химиялық қоспалары. ЖЗ қалыпты жағдайларда сұйылтылған (қатты, сұйық) немесе газ тәрізді күйде болуы мүмкін. Жарылыс ісінде газ тәрізділерден қарағанда энергия концентрациясы бірнеше мәрте жоғары сұйық ЖЗ кең қолданыс тапты. Олардың 1 кг жарылуы кезінде 300 – 2000 ккал жылу және 200 мың кгс/см²-қа дейін сығылған 500 – 1000 л әртүрлі газдар бөлінеді.

Жеке ЖЗ біріншілік (иницирлеуші) және екінші реттік (бризантты) деп бөлінеді. Иницирлеуші ЖЗ – шамалы сыртқы әсердің, мәселен от сәулесінің, үйкелістің, жаншудың немесе әлсіз сокқының әсерінен жарылуға қабілетті бірыңғай сезімталдығы жоғары жарылғыш зат. Иницирлеуші жарылғыш заттарға күркіреуік сынап, қорғасын азиді және қорғасын тринитрорезорцинаты жатқызылады, олар тек екінші реттік детонацияны қоздыруға арналған жару заттарында ғана қолданылады. Капсюль-детонаторларда иницирлеуші ЖЗ отөткізгіш шнур (ОШ) отының сәулесі әсерінен, ал электр детонаторларда қызған электр шиыршық арқылы жарылады. Иницирлеуші жарылғыш заттармен жұмыс істеу қауіпсіздігіне оларды металл жабынның – капсюль гильзасына енгізілетін қалпақша ішіне нығыздап салу арқылы қол жеткізіледі.

Бризантты жарылғыш заттардың сыртқы әсерлерге сезімталдығы төменірек және олармен жұмыс істеу қауіпсіздігі иницирлеуші ауа толқындарымен жұмыс істеу қауіпсіздігінен қарағанда жоғарырақ. Бризантты ЖЗ белгілі бір зарядпен иницирлеуші ауа толқындарының жұмысына иницирлеушілік жасайды. Бризантты ЖЗ тротил, тетрил, гексоген және динитронафталин нитрлі қосылыстар тобына, ал тэн, нитроглицерин және нитроглицоль нитрлі эфирлер тобына жатады. Бұл жарылғыш заттардың жарылуы кезінде олардың молекулаларындағы көміртегі, сутегі және оттегі көмірқышқыл газы мен су түзу арқылы өзара

қышқылдық байланысқа (ауа оттегісінің қатысуынсыз) түседі. Бұл ретте едәуір жылу мөлшері бөлінеді.

Жіктелуі келесі тарауда келтірілген жарылғыш заттардың көбі сұйылтылған жарылғыш заттарға жатады. Олар оттегімен байытылған компоненттер – тотықтырғыштардан (аммоний нитраты, натрий және т.б.), көміртегімен және сутегімен байытылған компоненттер – жанғыш заттардан (олардың қатарында аталған жағдайда детонация процесінің сенсбилизаторлары ретінде жүретін жеке жарылғыш химиялық қосылыстар тротил және т.б. болуы мүмкін) тұрады. Мұндай қоспалардың жарылуы кезінде сенсбилизатордың жарылыс әсерінен түрленуі немесе бейжарылғыш компоненттердің ыдырауы орын алады, кейіннен осының нәтижесінде түзілген газ тәрізді өнімдердің өзара тотыға әрекеттесуі жүреді.

2.2. Жарылысты қоздыру. Бастапқы импульс

Жарылысты кейбір сыртқы әсерлердің нәтижесінде: өзге ЖЗ кішігірім зарядын жару, қатты механикалық соққы немесе үйкеліс арқылы туындатуға болады. Барлық жағдайда да ЖЗ зарядының жарылысын қоздыру үшін оған экзотермиялық әдіспен өздігінен үдейтін, соңында детонацияның соққы толқынын туындататын жергілікті ыдырау ошақтарын түзуге қажетті жылу энергиясының қандай да бір мөлшерін үстеу қажет. Тап осы толқын жарылыстың бүкіл заряд бойынша кейінгі реттік таралуына қолдау көрсетеді.

Сыртқы жылу көзімен жылдам қыздыру немесе қарқынды өртеу әсерінен туындаған жарылыс жылулық жарылыс деп аталады. Жарылғыш затта үнемі дерлік кездесетін ауа көбіктері жарылыстың механикалық әсердің немесе соққы толқыны әсерінен туындауына себепші болады, олар соққыдан сығылу кезінде жоғары температураға дейін қызып, соққы толқынының фронтын құрайтын жану түрінде заттың химиялық түрлену реакциясының қызу жүруіне септігін тигізеді.

Жарылыстың қозу процесі үнемі ЖЗ зарядының кейбір бөліктерінің жануынан бастау алады, олар өздігінен үдеу салдарынан сапалық жағынан өзге процесс – детонацияға ауысады. Жарылыстың тұрақты детонация процесіне дейін дамуы үшін экзотермиялық ыдырау реакциясына жарылғыш заттың қандай да бір минималды шектік массасының қатысуы талап етіледі. Иницирлеуші жарылғыш заттарда оның мөлшері бірнеше миллиграммдықұраса, екінші реттік жарылғыш заттарда бұл бірнеше ондықтан бірнеше ондаған граммға дейін жетеді. Аммиак селитрасында бұл көрсеткіш бірнеше ондаған килограммға дейін жетуі мүмкін.

ЖЗ зарядының жарылысын қоздыруға қажетті сыртқы әсер энергиясы – бастапқы импульс, ал мұндай қозу процесінің өзі бастама білдіру болып табылады. Бастапқы импульстің минималды шамасы әртүрлі жарылғыш заттарда әртүрлі және ол жарылыстың химиялық табиғаты мен физикалық күйіне тәуелді. Ол жарылғыш заттың сезімталдығын бағалау критерийі саналады және белгілі бір дәрежеде онымен жұмыс істеу қауіпсіздігін сипаттайды.

Иницирлеуші жарылғыш заттар бастапқы импульстің ең төменгі шамасымен ерекшеленеді. Олардың соққы мен үйкеліске сезімталдығы жоғары. Олармен тек абайлап жұмыс істеу қажет. Бұлар ОШ отының сәулесі немесе электр детонаторлардағы арнайы тұтатушы іспетті әлсіз көздер әсерінен жарылуға қабілетті келеді. Осындай қабілетінің арқасында олар әлсіз жылу импульстері әсерінен жарылуға қабілетсіз екінші реттік ЖЗ ірі массасының зарядын жару үшін бірнеше капсуль-детонатор (КД) мен электр детонатор (ЭД) бастапқы иницирлеуші түрінде қолданылады. Олар өзге жарылғыш зат түзетін соққы толқыны әсерінен тұтанады. КСРО-да жару жұмыстарын жүргізу кезінде барлық жерде №8 КД қолданылды. Электрлік жару тәсілінде пайдаланылатын өнеркәсіптік ЭД түгелдей дерлігі осы капсуль негізінде дайындалды.

Екінші реттік жарылғыш заттардың көпшілігі, соның ішінде құрамы мен құрылысы бойынша біртекті қоспалы өнеркәсіптік жарылғыш заттар иницирлеуші жарылғыш заттың бірнеше граммдық үлесінен жарылу мақсатында қозуға қабілетті. Тәжіри-

бе жүзінде олардың зарядтары дегенмен КД немесе ЭД әсерінен қозады, бұларда кездесетін нығыздалған тетрил құтысы көптеген жарылыс жағдайларында міндетті жарылысқа кепілдік береді. Екінші реттік жарылғыш затты капсюльсіз тұтандыру кезінде детонатор ретінде әртүрлі детонациялау шнурлары (ДШ) қолданылады. Олар түзетін импульстер КД мен ЭД-ға қарағанда төменірек болғанымен, бұл олардың ұшын зарядқа тікелей енгізу арқылы тораппен, ілмекпен байланыстыру немесе шоғырға жинастыру кезінде барынша жеткілікті. ДШ жарылысын КД немесе ЭД көмегімен қоздыруға болады.

Онша біртекті емес, шашыраңқы және ірі дисперсиялы жарылғыш заттар үшін бастапқы импульстің айтарлықтай жоғары мөлшері қажет.

КД, ЭД және ДШ бастапқы жару заттарына, ал өзінің арнайы тұтандырғыштарымен (тұтандыру түтіктері, патрондар) бірге ОШ, пиротехникалық детонация бәсеңдеткіштері көмекші жару құралдарына жатқызылады.

Екінші реттік жару құралдарына құты немесе кез келген өзге жарылғыш зат патроны түрінде келетін, жоғарыда аталған бастапқы құралдарға сезімтал аралық детонаторлар жатады.

2.3. Жарылыс шарттары және жарылыстық айналу реакцияларының сипаттамалары

Алғаш рет М.В. Ломоносов жарылыстың физикалық мәнін зерттеу міндетін қойған. 1748 жылы жазылған «Селитраның табиғаты және пайда болуы туралы» еңбегінде ол жарылысты айтарлықтай энергия мөлшері мен газдардың үлкен көлемінің өте тез бөлінуі түрінде сипаттайды.

Жарылыс дегеніміз – бастапқы заттың потенциалдық энергиясы механикалық жұмыс жасауға қабілетті кинетикалық энергияға жылдам ауысуымен өтетін заттың бастапқы немесе заттар тобының бір күйден екінші күйге өте жылдам түрде физикалық немесе химиялық ауысу процесі.

Энергия көзінің түрі бойынша және процестің өту сипаты бойынша жарылыстар ядролық, физикалық және химиялық болып бөлінеді. Ядролық жарылыс кезінде тізбекті бөліну реакциялары немесе жаңа элементтер түзе өтетін ядролар синтезі жүреді. Жарылыс кезінде атомдық энергия бөлінуінің екі тәсілі белгілі:

- ауыр ядролардың анағұрлым жеңіл ядроға айналуы (радиоактивті ыдырау және уран мен плутонийдің атомдық ядроларының бөлінуі);
- жеңіл ядролардан ауыр ядролар түзілуі (атомдық ядролар синтезі).

Мысалы, термоядролық жарылыс кезінде ауыр сутегінен гелий түзіледі. Мұндай жарылыстардың қуаты өте күшті. Ядролық және термоядролық жарылыстарда бөлінетін энергия сәйкесінше $6,7 \cdot 10^{13}$ және $4 \cdot 10^{14}$ кДж/кг-ға тең.

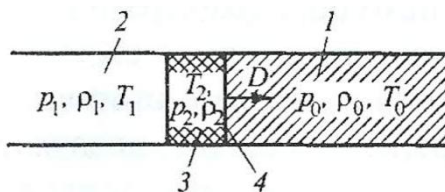
Физикалық жарылыстар барысында заттың тек физикалық күйі ғана өзгереді, ол оның химиялық құрамы өзгеріссіз қалады, сондай-ақ заттың сығылу энергиясының жинақталуы өте жылдам немесе салыстырмалы түрде баяу болуы мүмкін. Мысал ретінде тау өнеркәсібіндегі электрлі жарылысты келтіруге болады.

Химиялық жарылыс кезінде энергия химиялық реакция нәтижесінде бөлінеді, яғни жарылыс нәтижесінде химиялық құрамы басқа заттар түзіледі. Жарылғыш заттар мен қоспалардың химиялық айналуы баяу химиялық айналу, жану және детонация түрінде өтуі мүмкін. Баяу химиялық айналу кезінде ыдырау реакциясы заттың барлық көлемінде бірдей температурада, іс жүзінде қоршаған орта температурасына тең температурада өтеді. ЖЗ қыздырғанда оның температурасы тек сыртқы қыздыру есебінен ғана емес, сонымен қатар химиялық ыдырау реакциясы есебінен бөлінетін жылу есебінен де артады. Белгілі бір жағдайларда бұл реакция өздігінен үдейтін түрге өтеді, нәтижесінде ЖЗ жылдам түрде сығылған газдарға бір уақытта барлық көлем бойынша өтеді де, ЖЗ жылулық жарылыс орын алады.

Жарылыстың өздігінен таралатын түрінде зарядтың қандай да бір нүктесінде басталған химиялық айналу оның шекарасына

дейін таралады. Химиялық реакцияның өздігінен таралуға қабілеттілігі жарылыстың осы түріне тән ерекшелік болып табылады.

Өздігінен таралатын жарылыстық айналу ЖЗ-ның жануы және детонациясы кезінде өтеді. Екі жағдайда да жіңішке зона – химиялық айналудың фронты болады, онда жоғары жылдамдықпен зат бойынша таралатын қарқынды химиялық реакция өтеді. Бұл зонаның алдында бастапқы ЖЗ, артында айналу өнімдері орналасады (1-сурет). Фронт алды мен одан кейінгі аймақта және химиялық реакция зонасындағы температуралар өзгеше болып келеді, сонымен қатар қысым мен тығыздықтың тепе-теңсіздігі орын алады.



1-сурет. Өздігінен таралатын химиялық реакцияның сызбанұсқасы:

1 – бастапқы жарылғыш зат; 2 – реакция өнімдері;
3 – химиялық реакция зонасы; 4 – химиялық айналу фронты;
 p_0 – қысым; ρ – тығыздық; T – температура; D – реакция жылдамдығы

Реакция жылдамдығы, дәлірек айтқанда жарылыстық айналу фронтының орын ауыстыруы, негізінен, заттың бастапқы температурасынан емес, реакция барысында бөлінетін энергия мөлшерінен, оның араласпаған затқа берілу шартынан және химиялық процестің сипатынан тәуелді болады.

Жану және детонация кезінде энергияның берілу механизмі әртүрлі болғандықтан (жану кезінде жылулық энергия жылу өткізгіштік есебінен беріледі, ал детонация кезінде соққы толқыны негізгі рөл атқарады), процестің таралу жылдамдығы әртүрлі болып келеді және жану барысында конденсирленген ЖЗ үшін секундына бірнеше сантиметрден аспайды, ал детонация кезінде секундына километрлерді құрайды.

Жарылыстық жану оқ-дәрілерге тән және 400...1000 м/с жылдамдықпен өтеді. Жану қысымды тек тұйықталған немесе жар-

тылай тұйықталған көлемде ғана айтарлықтай жоғарылатуға қабілетті (зымыранды, камералар, оқ атқыш қару және т.б.). Детонация арқылы пайда болатын қысым іс жүзінде сыртқы қабатың бар болуынан тәуелсіз.

Осыған байланысты ЖЗ жарылысы дегеніміз – жылу бөле және газдар түзе өтетін жоғары жылдамдықпен өздігінен таралатын химиялық айналу.

Химиялық реакцияның жарылысты формада өтуін қанағаттандыратын негізгі 4 түрлі шарт белгілі: *реакцияның экзотермиялылығы (жылу бөліну), газдардың түзілуі, реакцияның жоғары жылдамдығы және өздігінен таралуға қабілеттілігі.*

Газтәріздес жарылыс өнімдерін бірнеше мың градус температураға дейін қыздыру және олардың кеңеюі реакцияның жылулық энергиясы есебінен жүзеге асады. Негұрлым реакция энергиясы көп және оның таралу жылдамдығы жоғары болған сайын, жарылыстың механикалық әсері жоғары болады. Реакция энергиясы заманауи ЖЗ-ның жұмысқа қабілетінің критерийі болып табылады және 3760...7500 кДж/кг-ды құрайды.

Екінші шарт бөлінетін энергияның пайдаланылу ерекшеліктерін анықтайды. Егер барлық энергия жылу түрінде бөлінсе, онда ауысу жылу берілудің баяу процесі жолымен жүзеге асады. Бұл сыртқы қабаты болмаған жағдайда қысымның көтерілуі мардымсыз және реакция өнімдерінің механикалық әрекеті жоғары болмаған кездегі заттың жануына тән. Газдар және су буы жарылыстың бастапқы сатысында аса сығылған күйде болып, кеңейе түседі және ЖЗ потенциалдық энергиясын механикалық жұмысқа айналдырады. Қалыпты жағдайда ($p=101,3$ кПа, $T=15^{\circ}\text{C}$) 1 кг өндірістік ЖЗ 700...900 л газ түзеді және олардың температурасы 3000...4000 $^{\circ}\text{C}$ болады. Жарылыс орнындағы қысым жүздеген мың атмосфераға жетеді, бұл тау жыныстарының беріктілік шегінен 2-3 есеге жоғары. Сонымен қатар қысымның бірден секірмелі өзгеруі тау жынысында соққы толқынының түзілуіне әкеледі және ол дыбыс жылдамдығымен таралады.

Үшінші шарт – үлкен реакция жылдамдығы. Бұл шарт энергия бөліну жылдамдығын, яғни жарылысқа тән үлкен қуатты анықтайды. Жарылыс кезінде реакцияның соңғы өнімдерге

айналуы секундтың жүзмыңдық, тіпті миллиондық үлесінде өтеді, демек, бұл химиялық заттардың әдеттегі жануымен салыстырғандағы жарылыс ерекшелігі болып табылады. Жарылыстың айналу процесінің өту жылдамдығының критерийі – заряд бойымен жарылыстың сызықты таралу жылдамдығы. Оның мәні заманауи ЖЗ үшін 2...9 км/с-ты құрайды.

Жарылыстың төртінші шарты – өздігінен таралу қабілеті локальді қоздыру кезінде заттың түгелдей айналуға ұшырауын қамтамасыз етеді. Реакцияға тек активті молекулалар қатысатыны белгілі, ал активсіз молекулалар химиялық инертті болып табылады. Активтену энергиясын жұмсау арқылы молекуланы активтендіреді. Сондықтан реакцияның өздігінен таралуына қабілеті реакцияның энергиясы Q мен активтену энергиясы E арасындағы қатынаспен тәуелді. Егер реакция жылуы активтену энергиясынан көп болған жағдайда, яғни реакцияны қоздыруға жұмсалатын энергиядан артық болғанда зат жарылғыш болады. Жарылысты иницирлеу көздері әртүрлі, яғни механикалық, электрлік, жарылысты, жылулық және т.б. болғанымен, реакцияны қоздырудың табиғаты жылулық болады.

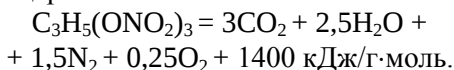
Жарылғыш зат, әдетте, жанғыш заттың тотықтырғышпен қоспасы болып келеді. ЖЗ жарылыс энергиясының негізгі типі тотығу реакциясы болып келетін химиялық реакциялар нәтижесінде бөлініп шығады. Мысалы, түтінді оқ-дәрі – екі жанғыш заттың (көмір мен күкірт) және тотықтырғыштың (калий селитрасы) қоспасы; қарапайым ЖЗ – игданит жанғыш (дизель отыны) пен тотықтырғыштың (аммиак селитрасы) қоспасы; аммониттер – жарылғыш жанғыштың (тротил) тотықтырғышпен (аммиак селитрасы) қоспасы және т.б. Бұған қоса тротил ($C_7H_5N_3O_6$) молекуласында көміртегі және сутегі атомдарынан басқа оттегі атомдары бар, ал селитра (NH_4NO_3) молекуласында оттегі атомдарынан басқа сутегі атомдары бар, сондықтан тротил мен аммиак селитрасы өздері де жарылғыш зат болып табылады, тротилдің қуатты, ал аммиак селитрасы әлсіз ЖЗ және сезімталдығы төмен.

ЖЗ-ның элементарлы құрамы, әдетте, көміртегі, сутегі, оттегі мен азоттан тұрады. Сәйкесінше, жарылыс өнімдері құрамында

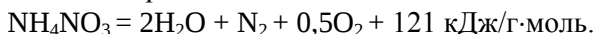
келесі газдар болады: H_2 , O_2 , CH_4 , NH_3 , NO , NO_2 . Бұдан басқа жарылыс өнімдері қатты күйде де бола алады: көміртек, метал оксидтері, олардың тұздары және т.б.

ЖЗ жарылысты ыдырау реакцияларына бірнеше мысалдар келтірейік және олардың ерекшеліктеріне тоқталайық:

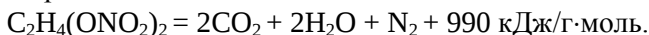
1. Нитроглицерин:



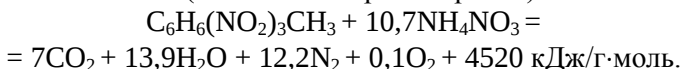
2. Аммиак селитрасы:



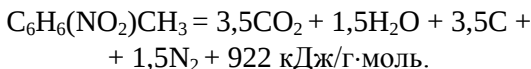
3. Нитроглицоль



4. Амонит 6ЖВ (аммиак селитрасы+тротил):



5. Тротил:



6. Қорғасын азиді: $\text{PbN}_6 = \text{Pb} + 3\text{N}_2 + 448 \text{ кДж/г·моль.}$

ЖЗ құрамындағы тотықтырғыш пен жанғыш компоненттер қатынасы жанғыш элементтердің толық немесе жартылай тотығуын анықтайды. Бұл қатынас ЖЗ оттекті балансымен сипатталады. Жарылғыш затта оттегі жетіспеушілігі жанғыш элементтердің шала тотығуына әкеледі, бұл жағдайда ЖЗ-ның оттекті балансы теріс болады. Егер ЖЗ-да тотықтырғыш жанғыш элементтердің толық жануына жететін болса, онда ол нөлдік оттекті баланспен сипатталады, егер тотықтырғыштың мөлшері артық болса, оттекті балансы оң болады.

Сонымен, егер ЖЗ-ның құрамы $C_aH_bN_cO_dAl_1$ болса, онда оттекті балансты ЖЗ молекуласындағы жанғыш элементтердің толық тотығуына қажетті оттегінің артық немесе жетпейтін пайыз мөлшерімен өрнектеуге болады:

$$K_\delta = \frac{d - (2a + \frac{b}{2} + \frac{3}{2}l)}{M_{\text{ЖЗ}}} * 16;$$

мұндағы a, b, d, l – сәйкесінше молекуладағы көміртегі, сутегі, оттегі мен алюминийдің атомдар саны; 16 – оттегінің атомдық массасы; $M_{\text{ЖЗ}}$ – ЖЗ-ның молекулалық массасы.

Жарылғыш қоспалар үшін 1 кг-ға есептеу жүргізуге болады, онда бөлшектің алымына қоспалы ЖЗ-ның 1 кг-да бар элементтердің моль саны, ал бөліміне $M_{\text{ЖЗ}}$ орнына 1000 кіреді. Оң оттекті баланс $d > 2a + b/2 + 3/2l$, нөлдік $d = 2a + b/2 + 3/2l$ теріс оттекті баланс $d < 2a + b/2 + 3/2l$ кезінде орын алады. Жарылғыш қоспалардың оттекті балансын келесі формула бойынша анықтау ыңғайлы:

$$K_\delta = K_1P_1 + K_2P_2 + K_3P_3 + \dots + K_nP_n,$$

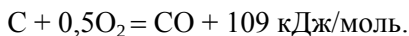
мұндағы $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ – жарылғыш қоспа компоненттерінің әрқайсысының оттекті балансы, %; $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ – компоненттердің әрқайсысының мөлшері, бірлік үлес.

Егер жанғыш элементтердің толық тотығуы үшін оттегі жетіспесе, ол алдымен максималды жылу бөліне жүретін реакцияға түсуі керек. Сондықтан оттекті балансы теріс ЖЗ жарылысы кезінде оттегінің салыстырмалы мөлшеріне байланысты көмірқышқыл газының түзілуіне қарағанда аз жылу бөліну арқылы көміртегі оксиді (иісті газ) немесе газдар түзілуін төмендететін күйе түріндегі таза көміртек түзіледі.

Көміртегі оксидінің (CO) улағыш әрекеті оның демалу кезінде гемоглобинмен (қызыл қан түйіршіктері) берік қосылыстар түзу қабілетімен байланысты. Гемоглобин адамның өкпесінен оттегін тіндерге тасымалдаушы болғандықтан, адам ағзасында

оттегі жетіспеушілігі туындайды, ал CO концентрациясы 1% және одан жоғары болса, өлімге әкеледі.

Сонымен, нөлдік оттекті балансы бар ЖЗ энергияның максималды мөлшерін және улы газдардың минималды мөлшерін бөледі:



Оттекті балансы оң болатын ЖЗ жарылғанда улы газ болып табылатын түрлі азот оксидтері түзіледі және олардың түзілуі жылу сіңіру арқылы өтеді:



NO, NO₂, N₂O₃ сияқты азот оксидтері дем алғанда сумен реакцияға түсіп, өкпенің қабынуына және өлімге соқтыратын азот және азотты қышқыл түзеді. Азот оксидтерінің ерекше қаупі олардың ағзада жинақталуы болып табылады. Сондықтан улылық әрекеті бойынша олар көміртегі оксидімен салыстырғанда 6,5 есе улы болып саналады.

Жарылыс кезінде сондай-ақ күкіртсутек (H₂S), күкіртті ангидрид (SO₂), хлор (Cl₂) түзіледі. Олар тыныс алу жолдарын тітіркендіріп, өкпені ісіндіреді. Улылығы бойынша бұл газдар көміртегі оксидінен 2,5 есе улы болып саналады. Детонаторлар жарылған кезде иницирлеуші ЖЗ құрамына кіретін сынап немесе қорғасын булары мен аэрогельдері түзіледі, ал қорғасын электртұтандырғыштар құрамына кіреді.

Ең тиімдісі – нөлдік оттекті баланс. Одан ауытқу улы газдар түзілуіне және жарылыс кезінде энергия бөлінуінің төмендеуіне алып келеді. Мысалы, тротилдің оттекті балансын анықтау қажет болса, молекулалық массасы – 227. Толық жану үшін $2a+b/2$ немесе $2 \cdot 7 + 5/2 = 16,5$ оттегі атомы қажет. Оттегінің 6 атомы бар. Онда

$$K_8 = \frac{(6 - 16,5) \cdot 16}{227} \cdot 100\% = -74\%.$$

5-кестеде кейбір ЖЗ және олардың компоненттерінің оттекті балансының мәндері келтірілген.

5-кесте

**Кейбір ЖЗ және олардың компоненттерінің
оттекті балансы**

Зат	Химиялық формуласы	Атомдық немесе молекулалық массасы	Оттекті баланс, %
Алюминий	Al	27,0	-89,0
Аммиак селитрасы	NH ₄ NO ₃	80,0	+20,0
Қағаз (патрондардың қаптамасы)	-	-	-130,0
Гексоген	C ₃ H ₆ N ₆ O ₆	222,0	-21,6
Күркіреуік сынап	HgC ₂ O ₂ N ₂	284,0	-11,3
Динитронафталин	C ₁₀ H ₆ N ₂ O ₄	218,0	-139,4
Калий селитрасы	KNO ₃	101,0	+39,6
Калий хлораты	KClO ₃	122,5	+39,2
Калий перхлораты	KClO ₄	138,5	+46,2
Клетчатка	C ₆ H ₁₀ O ₅	162,0	-118,5
Магний	Mg	24,3	-65,8
Ағаш ұны	C ₁₅ H ₂₂ O ₁₀	262,0	-137,0
Натрий селитрасы	NaNO ₃	85,0	+47,0
Натрий хлораты	NaClO ₃	106,5	+45,0
Натрий перхлораты	NaClO ₄	122,5	+52,2
Нитрогликоль	C ₂ H ₄ N ₃ O ₆	152,0	0,0
Нитроглицерин	C ₃ H ₅ N ₃ O ₃	227,0	+3,5
Тетрил	C ₇ H ₅ N ₅ O ₃	287,0	-47,4
Тротил	C ₇ H ₅ N ₃ O ₆	227,0	-74,0
Тэн	C ₅ H ₈ N ₄ O ₁₂	316,0	-10,1
Көміртек (аморфты)	C	12,0	-266,7

Жарылыстық айналу реакциялары ЖЗ-ның оттекті балансын тәуелді және үш типке бөлінеді:

I – оң және нөлдік оттекті балансты ЖЗ-ның жарылыс реакциясы;

II – теріс (бірақ толық газ түзілуге жеткілікті) және нөлдік оттекті балансты ЖЗ жарылыс реакциясы;

III – көміртек бөлінумен өтетін ЖЗ-ның жарылыс реакциясы.

Жарылыстың айналу реакциялары ЖЗ-ның сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді (жарылыс жылуы, температурасы, жарылыс газдарының көлемі мен қысымы).

Кейбір ЖЗ-ның жарылысты айналуларының сипаттамасы 6-кестеде көрсетілген.

6-кесте

Кейбір ЖЗ жарылысты айналуларының сипаттамасы

Жарылғыш зат	Молекула-лық салмағы	Жарылысты ыдырау реакциясы	Оттектік баланс, %	Жарылыс газдарының меншікті көлемі, л/кг	Жарылыс температурасы, °С
Нитроглицерин	227	$4 \text{C}_3\text{H}_5 (\text{ONO}_2)_3 = 12 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{N}_2 + \text{O}_2$	+ 3,5	715	4100
Динитроглицерин	152	$\text{C}_2\text{H}_4 (\text{ONO}_2)_2 = 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$	0	738	4200
Тротил	227	$2 \text{C}_6\text{H}_6 (\text{NO}_2)_3 \text{CH}_3 = 5 \text{H}_2\text{O} + 7 \text{CO} + 7 \text{C} + 3 \text{N}_2$	- 74	750	2950
Аммиак селитрасы	80	$2 \text{NH}_4\text{NO}_3 = 4 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$	+ 28	980	1950
Динитро-нафталин	218	$\text{C}_{10}\text{H}_6 (\text{NO}_2)_2 = \text{CO} + 3 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{N}_2 + 9 \text{C}$	- 129,4	750	2500
Коллоидты мақта	1053	$\text{C}_{22,5}\text{H}_{28,8}\text{O}_{36,1}\text{N}_{8,7} = 14,4 \text{H}_2\text{O} + 21,7 \text{CO} + 0,8 \text{C} + 4,35 \text{N}_2$	- 33,6	936	2600
Гексоген	222	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6 = 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO} + 3 \text{N}_2$	- 21,6	890	3800
Тэн	316	$\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4 = 4 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2 + 2 \text{CO} + 2 \text{N}_2$	- 10,1	790	4000
Тетрил	287	$2 \text{C}_6\text{H}_2 (\text{NO}_2)_4 \text{NCH}_3 = 5 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO} + 8 \text{C} + 5 \text{N}_2$	- 47,4	740	3900

Қоспалы ЖЗ-ны дайындау кезінде белгілі қасиеттер беру үшін олардың құрамына келесі компоненттер қосады: жанғыш заттар, тотықтырғыштар, сенсibilизаторлар, стабилизаторлар, флегматизаторлар және жалын өшіргіштер (жалын өшіргіштер сақтандырғыш ЖЗ құрамына қосылады).

Жанғыш заттар ЖЗ құрамына жарылыс кезінде бөлінетін энергия мөлшерін ұлғайту үшін қосылады. Жанғыш заттар ретінде оңай тотығатын және көп мөлшерде жылу мен газ бөлуге қабілетті қатты және сұйық компоненттер (әдетте, жарылмайтын ұнтақталған көмір, ағаш ұны, соляр майы), көміртегі мен сутегіне бай немесе опа тәріздес заттар (Al, Mg және т.б.) қолданылады.

Жанғыш заттар ретінде құрамында жанғыш элементтердің толық тотығуына қажетті оттегінің жетімсіз мөлшері болатын кейбір жарылғыш компоненттер де қолданылуы мүмкін (тротил, гексоген және т.б.). Мұндай жағдайда көміртегінің бір бөлігі тотықтырғыштың артық мөлшерімен әрекеттесіп, жарылыстың жалпы энергиясын ұлғайтады.

Тотырғыштарда оттегінің артық мөлшері бар және ЖЗ құрамына жанғыш элементтерді тотықтыру үшін қосылады. Тотықтырғыш ретінде аммиак, калий және натрий селитралары, калий мен натрийдің перхлораттары, сұйық оттегі және т.б. қолданылады.

Сенсibilизатор ретінде, әдетте, сезімтал, қуатты ЖЗ пайдаланылады. Олар – тротил, нитроглицерин, нитроглицоль, гексоген және т.б. Кейде соляр майы (6%-дан көп емес), көмір және ағаш ұны сияқты жарылмайтын заттар сенсibilизатор рөлін атқарады.

Стабилизаторлар – ЖЗ құрамына олардың химиялық және физикалық тұрақтылығын жоғарылату үшін қосылатын заттар. Аммониттерде стабилизатор ретінде ағаш, торф ұндары, ал динамиттерде бор мен сода қолданылады.

Флегматизаторлар ЖЗ құрамына олардың механикалық әсерлерге сезімталдығын төмендету мақсатында қосылады. Флегматизатор ретінде вазелин, әртүрлі майлар, тальк, парафин және т.б. қолданылады. Бұл заттар ЖЗ-мен реакцияға түспей, олар-

дың бөлшектерін орап тастайды да, ЖЗ-ның механикалық әсерге сезімталдығын төмендетеді.

Жалын өшіргіштер – жарылыс температурасын төмендету және шахталарда метан мен шаңды ауа қоспасының тұтанып кету ықтималдығын төмендету үшін ЖЗ құрамына қосылатын зат. Жалын өшіргіштер ретінде хлорлы натрий, хлорлы калий және т.б. пайдаланылады.

Пластификаторларды ЖЗ құрамына аққыштық қасиет беру үшін қосады. Пластификаторлар ретінде, әдетте, сулы ерітінділерді қолданады.

2.4. Жарылғыш заттардың детонациясы

Детонацияның гидродинамикалық теориясы бойынша, амплитудасы тұрақты соққы толқыны мен химиялық айналу зонасының ЖЗ бойымен орын ауыстыруы детонация деп аталады. Бұл кезде соққы толқынының амплитудасы мен орын ауыстыру жылдамдығы тұрақты болады, себебі заттың соққылы сығылуынан пайда болатын диссипативті жоғалу ЖЗ айналу реакциясының жылуымен компенсирленеді.

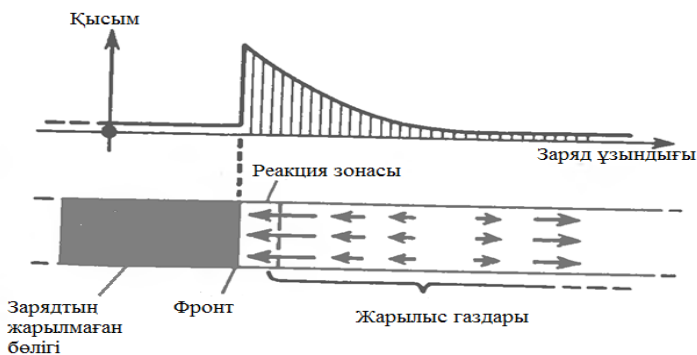
Соққы толқыны дыбыс жылдамдығынан жоғары жылдамдықпен таралады және қысым, тығыздық, температура сияқты зат параметрлерінің бірден секірмелі өзгеруімен сипатталады. Соққы толқындарының пайда болуы және таралу сипаты зат массасының сақталуы, бөлшек қозғалысы мен энергия мөлшерінің өзгеруі туралы физиканың іргелі заңдарымен анықталады. ЖЗ бойымен соққы толқындарының пайда болу және таралу процестері газдағы толқындар таралу заңдарымен сипатталады. Бұл ЖЗ зарядындағы соққы толқынының фронтында ЖЗ материалының беріктігінен анағұрлым бірнеше ретке артық қысымның пайда болуымен байланысты, яғни бөлшектердің өзара байланысу күштерін ескермеуге болады және оның күйін газодинамика теңдеулерімен сипаттауға болады.

Соққы толқыны және оған жанасқан ЖЗ жарылысты химиялық айналуының жиынтығы детонациялық толқын деп аталады.

Жарылыс кезінде заряд арқылы таралатын детонация толқынының ерекше мәні бар. Бұл толқын жарылғыш затта таралғанда затты сығылатын сұйық ретінде қарастырады. Сондықтан жарылыс теориясының негізінде детонацияның гидродинамикалық теориясы жатыр.

Детонацияның гидродинамикалық теориясының бастапқы шарты, жарылысты ыдырау реакциясы детонациялық толқын фронтына келіп тірелетін зонада жүзеге асуы болып табылады. Детонациялық толқын фронты жарылыс реакциясы өтетін зонаны жарылысқа ұшырамаған жарылғыш зат зонасынан бөліп тұратын бет түрінде болады. Детонация толқынының фронты осы фронт бетіне перпендикулярлы бағытта өте үлкен жылдамдықпен қозғалады. Толқын фронтынан кейін температура мен қысым бірден (секірмелі түрде) жоғарылайды. Сондықтан жарылыс реакциясы детонация толқынының фронтынан кейін өте тез өтеді және толықтай қалыңдығы аз уақытта жүзеге асады. Бұл қабат детонация толқынының фронтынан кейін осы толқынның жылдамдығымен орын ауыстырады және өзінен кейін қызған, қысымы жоғары газдар қалдырады. Бұл газдар ұлғаю арқылы жарылыстың механикалық әрекетіне әкеледі.

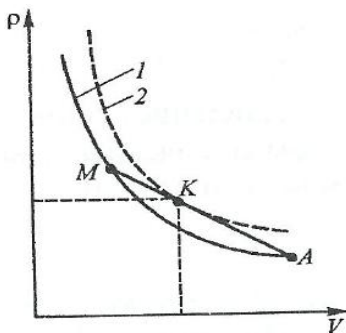
Сонымен, кейбір жуықтауларды ескерсек, детонация толқынының фронты алғашқы тыныш күйдегі жарылғыш зат пен қатты сығылған ыстық жарылыс газдары арасындағы шекара болып табылады (2-сурет).



2-сурет. Детонациялық толқынның сызбанұсқасы

ЖЗ-ның детонациялық толқында өзгеру күйі p - V координатында 3-суретте көрсетілген. V – меншікті көлем немесе тығыздыққа ρ кері шама. Бастапқы көлемі V_0 болатын зат (А нүктесі) соққы толқынында M күйіне дейін сығылады. Бұл кезде химиялық реакция және ρ_m қысым максималды мәнге жетеді. Жылу бөле жүретін және жарылыс өнімдерінің ұлғаюымен өтетін реакциялар дамиды, бұл жағдайда қысым төмендейді, ал зат көлемі ұлғаяды. Реакция жарылыс өнімдерінің соңғы адиабатасындағы K нүктеде аяқталады. Бұл нүкте Чепмен – Жуге нүктесі деп аталады. АҚМ түзуі заттың бастапқы күйінің параметрлерін реакцияның максималды сығылу және аяқталу күйлерінің параметрлерін байланыстырады және ол Михельсон түзуі деп аталады. Зат детонациялық толқында біртіндеп АҚМ түзуі бойынша барлық күйлерден өтеді. АҚ бөлігі соққы толқынындағы сығылу зонасына сәйкес келеді, ал КМ бөлігі химиялық реакция зонасы болып табылады. Қысым $\rho_m \rho_k$ қысымынан екі есе үлкен.

Я.Б. Зельдович және Д.Н. Нейман ұсынған детонацияның гидродинамикалық теориясы бойынша ЖЗ сығылу кезінде соққы адиабатасымен 1 (Гюгоньо адиабатасы), ал соққы өнімдер адиабата 2 (жарылыс өнімдерінің соққы адиабатасы) арқылы сипатталады (3-сурет).



3-сурет. Соққылық адиабата

Соққы толқынында ЖЗ-ның сығылу зонасы өте аз (0,1 мкм-ге дейін), ал химиялық реакциялар зонасы ЖЗ-ның физикалық жә-

не химиялық қасиеттерінен тәуелді және қорғасын азиді үшін 0,5 мм, тротил үшін 10 мм-ге дейін созылады. Химиялық реакцияның детонациялық толқындағы ұзақтығы $10^{-6} \dots 10^{-7}$ секунд шамасын құрайды.

Детонациялық толқын параметрлері – нүктедегі қысым, көлем, температура, детонация жылдамдығы және детонация фронтынан кейінгі жарылыс өнімдерінің таралу жылдамдығы масса, қозғалыс мөлшері, энергия, детонация өнімдерінің күйінің сақталу заңдарына және Чепмен – Жуге детонация жылдамдығын таңдау ережесіне негізделген теңдеулер жүйелерін шешу жолымен есептеледі. Чепмен – Жуге детонация жылдамдығын таңдау ережесі бойынша, Жуге нүктесінде, яғни адиабата 1-жағдайынан адиабата 2-ге өтуін сипаттайтын детонация жылдамдығы мынаған тең:

$$V_d = w + c,$$

мұндағы w – жарылыс өнімдерінің жылдамдығы, м/с; c – жарылыс өнімдеріндегі дыбыс жылдамдығы, м/с.

Л.Д. Ландау мен К.П. станиюкович жарылыс өнімдерінің күйіне арналған политроп теңдеуін ұсынған:

$$pV^n = const,$$

мұндағы p – қысым; V – көлем; n – тығыздығы $1 \dots 1,2$ г/см³ болатын ЖЗ үшін 3-ке тең политроп көрсеткіші.

Чепмен – Жуге жазықтығындағы қысым негізгі сақталу заңдарын ескергенде келесі теңдеумен есептеледі.

$$p_{ж} = \frac{\rho_0 V_d^2}{n+1} \sim \frac{\rho_0 V_d^2}{4},$$

мұндағы ρ_0 – ЖЗ-ның бастапқы тығыздығы, кг/м³.

Детонация өнімдерінің тығыздығы:

$$\rho = \frac{4}{3} \rho_0.$$

Чепмен – Жуге жазықтығынан кейінгі жарылыс өнімдерінің қозғалу жылдамдығы келесі теңдеумен анықталады:

$$w = \frac{v_d}{n+1} \sim \frac{v_d}{4}.$$

Детонация қысымы, жылдамдығы және жарылыс өнімдерінің қозғалу жылдамдығы $p_K = \rho_0 v_d \omega$ тәуелділігімен байланысты. Детонация жылдамдығын келесі теңдеу бойынша анықтауға болады:

$$v_d = 31,6 \sqrt{2(n^2 - 1)Q},$$

мұндағы Q – жарылыс жылуы, кДж/кг.

Детонация жылдамдығы ЖЗ-ның энергетикалық сипаттамаларына байланысты келесі формуламен анықталады:

$$v_d = \sqrt{2(n^2 - 1)Q_{TV}},$$

мұндағы Q_{TV} – ЖЗ-ның тұрақты көлеміндегі жарылыс жылуы, Дж/кг.

Өндірістік ЖЗ-ның ерекшелігі олардың физикалық және химиялық біртекті жүйе еместігінде, детонация ерекшеліктері де осымен түсіндіріледі. Өндірістік ЖЗ физикалық және химиялық қасиеттері әртүрлі материалдар қоспасы болып табылады. Өндірістік ЖЗ-ның детонация жылдамдығы мен тұрақтылығы ЖЗ-ның типінен, оның дисперстілігінен және тығыздығынан, заряд диаметрінен, қабықшаның бар болуы мен оның сипаттамаларынан тәуелді. Заряд диаметрі артқан сайын детонация жылдамдығы өседі және максималды мәнге жуықтайды. Кейбір шекті диаметрден бастап детонация жылдамдығы шекті мәнге жақындайды. Критикалық диаметрде детонация тұрақсыз болады және өшеді. Критикалық диаметр – одан төмен мәнде детонация болмайтын диаметрдің мәні. Критикалық диаметр аз болған сайын, ЖЗ-ның детонациялық қабілеті жоғары болады.

Алғаш рет диаметрдің заряд детонациясының жылдамдығына әсерін теориялық түрде Ю.Б. Харитон түсіндірген және Р.А. Баум дамытқан.

2.5. Жарылыс кезіндегі жұмыс және энергия балансы. Жарылыстың энергетикалық сипаттамалары

Жарылыс жұмысы жылулық энергияның механикалық энергияға лезде айналуымен өтетін жарылыстың қызған газ тәріздес өнімдерінің аса жылдам ұлғаю процесі болып табылады.

Жарылыс жұмысы жарылыс кезінде бөлінетін жылу мөлшерімен анықталады.

Жарылыс жұмысы пайдалы формада, жарылысқа қатысты функция атқаратын және жоғалумен, сондай-ақ қоршаған ортаға зиянды әсермен байланысты пайдасыз формада болады. Жұмыстың формасы оны жүргізу шарты мен мақсатына байланысты айтарлықтай өзгереді.

Жарылыс газдары бүкіл ішкі энергияның механикалық жұмысқа өту жағдайында жасайтын максималды жұмыс жарылғыш заттың потенциалы деп аталады. Реакцияға түспейтін ЖЗ-ның ішінара тасталуынан, жарылыстық айнарудың толықтай өтпеуінен және басқа да процестерге байланысты жарылыстың нақты жылуы жоғалу шамасына кем болады. Химиялық жоғалулардың салыстырмалы пайызы заряд диаметрінің төмендеуімен ұлғаяды. Берік заряд қабықтарын пайдалану бұл жоғалуларды төмендетеді. Химиялық жоғалулар сыртқы зарядтардың, сонымен қатар ұзақ жатып қалған, ылғалданған, аса тығыздалған және дөрекі дисперсті ЖЗ жарылысы кезінде максималды болады.

Жарылыстың толық нақты жылулық энергиясы механикалық жұмысқа толық айнамайды. Сондай-ақ жарылыстың жылулық энергиясының белгілі бір үлесі жарылыс өнімдеріндегі қатты бөлшектердің жылу сіңіруімен және көп атомды газдардың жылу сыйымдылығының жоғарылығымен байланысты жылулық жоғалуларға жұмсалады. Жыныстардың тозаңды бөлшектері жарылыс өнімдерінің ұлғаюы барысында олармен араласып, жылулық энергияның айтарлықтай мөлшерін тартып алады.

Егер ЖЗ-ның толық потенциалдық энергиясынан химиялық және жылулық жоғалуларды айырып тастасақ, онда потенциалдық энергияның қалған бөлігі жарылыстың толық нақты жұмысының шамасын сипаттайды. Жарылыс кезіндегі энергияның таралуы келесі 4-суретте көрсетілген.

ЖЗ-ның потенциалдық энергиясы				
Жарылыстың толық нақты жылулық энергиясы				Химиялық жоғалулар
Жарылыстың толық нақты жұмысы		Қоршаған органы қыздыруға кеткен жоғалулар	Идеалды жылулық жоғалулар	
Механикалық жұмыстың пайдалы формасы	Механикалық жұмыстың пайдасыз формасы			

4-сурет. Жарылыс кезінде ЖЗ энергиясының таралу сызбасы

Ол механикалық жұмыстың барлық түрінің қосындысынан тұрады және келесі түрде жазылады:

$$A_{TH} = A_T - Q_{ж},$$

Мұндағы $Q_{ж}$ – қосынды жылулық жоғалулар, Дж/кг.

Жарылыстың толық идеалды жұмысы A_T жарылыс өнімдерінің түзілу және ұлғаю соңындағы ішкі энергияларының мәндері арасындағы айырым ретінде анықталады:

$$A_T = Q_{ж} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right),$$

мұндағы $Q_{ж}$ – жарылыс жылуы; T_2 , T_1 – жарылыс өнімдерінің соңғы және бастапқы температуралары.

Жарылғыш заттардың потенциалды және іс жүзіндегі жарылыс жұмысын анықтайтын негізгі сипаттамалары жарылыс жылуы мен температурасы, жарылыс газдарының көлемі мен қысымы болып табылады. Бұл шамалар идеалды жарылыс процесінің параметрлерін сипаттайды және энергияны тиімді пайдалану коэффициентін ескермейді. Сонымен бірге олар жарылыстың энергетикалық эффектісіне толықтай оң сипаттама беріп, практикада қолданылады.

Жарылыс жылуы дегеніміз – 1 моль немесе 1 кг ЖЗ-ның жарылыстық айналуы кезінде бөлінетін жылу мөлшері. Жарылыс жылуын заттардың түзілу жылулары арқылы есептік жолмен анықтауға болады. Есептеулер термохимиялық Гесс заңына негізделеді. Бұл заң бойынша реакцияның жылулық эффектісі реакцияның жүру жолынан емес, тек жүйенің бастапқы және соңғы күйінен тәуелді. Осыған сәйкес, реакцияның соңғы жылулық эффектісі, яғни ЖЗ-ң жарылыс өнімдеріне айналу жылуы (жарылыс жылуы $Q_{ж}$, Дж/моль) жарылыс өнімдерінің түзілу жылуы $Q_{ж.ө}$ және бастапқы ЖЗ немесе олардың компоненттерінің $Q_{жз}$ түзілу жылуларының айырымына тең, яғни

$$Q_{ж} = Q_{ж.ө} - Q_{жз}$$

1 кг ЖЗ жарылыс жылуын келесі формуламен анықтайды:

$$Q_1 = \frac{Q_{ж}}{M_{жз}} * 1000$$

мұндағы $M_{жз}$ – ЖЗ-ның молекулалық массасы; 1 кг жарылғыш қоспа үшін жарылыс жылуын төмендегі формуламен анықтайды:

$$Q = \frac{(q_1 n_1 + q_2 n_2 + \dots + q_n n_n) - (Q_{H1} N_1 + Q_{H2} N_2 + \dots + Q_{Hn} N_n)}{N_1 M_1 + N_2 M_2 + \dots + N_n M_n}$$

мұндағы $q_1, q_2, \dots, q_n$ – жарылыс өнімдерінің түзілу жылуы; n_1, n_2, n_n – түзілген жарылыс өнімдерінің моль сандары; Q_{H1}, Q_{H2}, Q_{Hn} –

жарылғыш қоспа компоненттерінің түзілу жылуы; $N_1, N_2, \dots, N_n$ – 1 кг қоспадағы компоненттердің киломоль сандары; $M_1, M_2, \dots, M_n$ – компоненттердің молекулалық массасы.

Оттекті балансы теріс ЖЗ-ң жарылыс жылуы зарядтың тығыздығынан тәуелді. Тығыздық артқан сайын жарылыс жылуы өседі. Бұл тығыздықтың өсуі кезінде жарылыс өнімдері қысымының артуымен түсіндіріледі және жылу бөле жүретін жарылыс өнімдеріндегі генераторлы газ реакциясының тепе-теңдігі оңға қарай ығысады:



7-кестеде кейбір ЖЗ-ның, жарылғыш қоспалардың құраушы бөліктерінің, жарылыс өнімдерінің түзілу жылулары келтірілген.

7-кесте

Кейбір ЖЗ-ның, жарылғыш қоспалардың құраушы бөліктерінің, жарылыс өнімдерінің түзілу жылуы

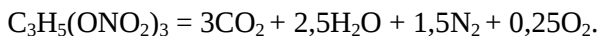
Зат	Химиялық формуласы	Салыстырмалы молекулалық массасы	Тұрақты көлемдегі түзілу жылуы, кДж/моль
1	2	3	4
Су (сұйық)	H_2O	18	283
Су (газ)	H_2O	18	241
Көмір қышқылы (газ)	CO_2	44	396
Көміртегі оксиді (газ)	CO	28	113
Метан (газ)	CH_4	16	74
Азот оксиді (газ)	NO	30	-90,5
Аммиак (газ)	NH_3	17	43,5
Хлорлы сутек (газ)	HCl	36,5	91,7
Алюминий оксиді	Al_2O_3	102	1668
Кальций оксиді	CaO	56	631,8
Көмірқышқылды калий	K_2CO_3	138	1146

1	2	3	4
Аммиак селитрасы	NH_4NO_3	80	355
Азот қышқылды калий	KNO_3	101	490
Аммоний перхлораты	NH_4ClO_4	117,5	282
Тротил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$	227	56,5
Динитро-нафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_4\text{N}_2$	218	-35,2
Тетрил	$\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_8\text{N}_5$	287	-41,8
Гексоген	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_6\text{N}_6$	222	-87,4
Тэн	$\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_{12}\text{N}_4$	316	512,9
Нитроглицерин	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$	227	350,7
Нитроглицоль	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{ONO}_2)_2$	152	233,6
Коллоидты мақта (12,2%)	$\text{C}_{22,5}\text{H}_{28,8}\text{O}_{36}\text{N}_{8,7}$	1000	2722,2
Күркіреуік сынап	$\text{Hg}(\text{CNO})_2$	284,5	273,6
Кальций стеараты	$\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4\text{Ca}$	607	2686
Қағаз (целлюлоза)	$\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_5$	162	-
Ағаш ұны	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_{10}$	362	-
Көмір	C	12	-266,7
Парафин	$\text{C}_{24}\text{H}_{50}$	338,5	-
Күкірт-қышқылды калий	K_2SO_4	-	1442,2

Жалпы алғанда, көптеген ЖЗ үшін жарылыс жылуы 3200... 6600 кДж/кг аралығында болады.

Жарылыс жылуын есептеу үшін ЖЗ-ң жарылыстық айналу теңдеуін білу керек.

Мысалы, жарылыстық айналуы келесі түрде өтетін нитроглицериннің жарылыс жылуын анықтау қажет:



Нитроглицериннің түзілу жылуы $Q_{1-2}=351$ кДж/моль. Жарылыс өнімдерінің түзілу жылуы:

$$Q_{1-3} = Q_{CO_2} + Q_{H_2O} = 3q_{CO_2} + 2,5q_{H_2O} = \\ = 3 \cdot 396 + 2,5 \cdot 241 = 1790 \text{ кДж/моль.}$$

Тұрақты қысымда жарылыс жылуы төмендегідей:

$$Q_{2-3} = Q_{1-3} - Q_{1-2} = 1790 - 351 = 1439 \text{ кДж/моль.}$$

Тұрақты көлемдегі жарылыс жылуының тұрақты қысымдағы жарылыс жылуымен келесі түрде байланысы бар:

- егер жарылыс өнімдері 15°C -ге (288 K) дейін суыса, онда $Q_v = Q_p + 0,572n$;
 - Егер суу 25°C -ге дейін (298 K) болса, онда $Q_v = Q_p + 0,592n$ (n – газ тәріздес жарылыс өнімдерінің моль саны).
- Сәйкесінше, ортаның температурасы 15°C -ге тең болғанда:

$$Q_v = 1439 + 0,572(3 + 2,5 + 1,5 + 0,25) = \\ = 1439 + 4,2 = 1443,2 \text{ кДж/моль.}$$

1 кг ЖЗ-ға есептегенде бөлінетін жылу мынаған тең:

$$Q_1 = Q_v \cdot 1000 / M_{ЖЗ} = 1443 \cdot 1000 / 227 = 6357 \text{ кДж/кг,}$$

мұндағы $M_{ЖЗ}$ – ЖЗ-ның молекулалық массасы.

Жарылыс температурасы – жарылыс өнімдерінің максималды қызу температурасы. Жарық сәулесінің спектрі бойынша тәжірибелік жолмен анықтау күрделі болғандықтан, жарылыс температурасын, әдетте, жарылыс процесіне адиабатты процесс ретінде қарастыра отырып есептейді. Шын мәнінде, қоршаған ортаның қызуына және газдардың кейбір ұлғаюына жылу шығындалады. Өндірістік ЖЗ-ның реакция уақыты өте аз, сондықтан бұл факторларды ескермеуге болады.

Жарылыс температурасын келесі формуламен есептеуге болады:

$$T = \frac{Q_{ж}}{\sum n C_v},$$

мұндағы $Q_{ж}$ – ЖЗ-ның жарылыс жылуы, кДж/моль; $C_v=a+bT$ – температурадан тәуелді өзгеретін, тұрақты көлемдегі жеке жарылыс өнімдерінің жылу сыйымдылығы, Дж/(моль·°C); a, b – эмпирикалық коэффициенттер.

Бұл теңдеуге C_v мәнін қойып және оны T -ға қатысты шешу арқылы келесі теңдеуді аламыз:

$$T = \frac{-\sum na + \sqrt{(\sum na)^2 + 4\sum nbQ_{ж}}}{2\sum nb}.$$

Жарылыс өнімдері жылу сыйымдылықтары әртүрлі газдардан тұрады, сондықтан $\sum na$ шамасы 0°C температурадағы барлық жарылыс газдарының қосынды мольдік жылу сыйымдылығын білдіреді, яғни $\sum na = n_1a_1 + n_2a_2 + \dots + n_na_n$.

Сондай-ақ $\sum nb$ шамасы газдардың температурасы 1°C-ге жоғарылаған кездегі мольдік жылусыйымдылықтарының қосынды өсімісін білдіреді, яғни

$$\sum nb = n_1b_1 + n_2b_2 + \dots + n_nb_n.$$

Жарылыс температурасын біле отырып, газ бен шаң жиналу қаупі бар шахталардан жарылыс кезінде ЖЗ-ның типін дұрыс таңдауға болады. Жарылыс температурасы сақтандырғыш ЖЗ үшін 1800°C-ден гексоген және тән үшін 4500°C-ге дейін барады. Бұл кезде жарылыс өнімдері қызатын максималды температура ЖЗ-ның құрамынан, ылғалдылығынан және түзілетін жарылыс өнімдерінің түрінен тәуелді болады. Опа түріндегі алюминийді қосу жарылыс температурасын жоғарылатады және ЖЗ құрамына инертті тұздарды қосу оны төмендетеді.

Жарылыс газдарының көлемі, Авогадро заңына сәйкес, 0°C және $1,01 \cdot 10^5$ Па жағдайында әртүрлі газдардың 1 молі алатын көлем және ол $22,42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ шамасына тең. 1 кг ЖЗ жарылғанда түзілетін газ көлемін келесі формуламен анықтауға болады:

$$V_0 = \frac{22,42(n_1 + n_2 + \dots + n_n)}{m_1M_1 + m_2M_2 + \dots + m_nM_n},$$

мұндағы n – газ тәріздес жарылыс өнімдерінің моль саны; m – ЖЗ-ның құраушы бөліктерінің моль саны; M – ЖЗ-ның құраушы бөліктерінің салыстырмалы молекулалық массасы.

1 кг ЖЗ жарылған кезде тұрақты қысымда және кез келген температурадағы газдар көлемі келесі формуламен анықталады:

$$V_1 = V_0 (1 + T_r / 273),$$

мұндағы T_r – жарылыс газдарының температурасы, °C.

2.6. Жарылыстың тұрақты таралу жағдайлары және жарылғыш заттардың детонациялық қабілеті

Әрбір жарылғыш зат, егер оның зарядының көлденең өлшемі (диаметрі) заттың физикалық күйіне (тығыздық, кеуектілік және т.б.) және жарылатын ортаның физика-механикалық сипаттамаларына (жабын қабырғалары) тәуелді шектік диаметрінен кіші болмаса, жарылысты тұрақты таратуға қабілетті. Бұл құбылыс жарылыс өнімдерінің радиалды кеңеюі есебінен жарылыс толқынындағы энергияның жоғалуымен байланысты. ЖЗ белгілі бір жылдамдықпен ғана тұрақты детонацияланады. Сұйылтылған ЖЗ-ның минималды жарылу жылдамдығы – 1,2 км/с, өнеркәсіптік ЖЗ-ның қалыпты жарылу жылдамдығы – 2,5 – 6,5 км/с.

Тұрақты детонацияның үздіксіз факторлары: жеткілікті бастама, зарядтың диаметрі мен тығыздығының қажетті шамасының болуы, ЖЗ қанағаттанарлық химиялық құрамы және қалыпты физикалық күйінің болуы. Осы факторларды өзгерту арқылы жарылыстың таралу жағдайлары мен параметрлерін жақсартуға немесе төмендетуге болады. Дегенмен детонатордың күштілік дәрежесіне қарамастан, бастамасы ЖЗ зарядының детонациялау

жылдамдығы иницирлеу орнынан белгілі бір аймақта берілген жару жағдайларындағы ЖЗ тән шаманы қабылдайды.

Детонацияның шектік диаметрі – заряд бойынша детонацияның таралуы мүмкін емес болатын диаметр. Мұндайда химиялық жоғалу көрсеткішінің артқандығы, толқынның әлсірегендігі соншалық, заряд жарылғыш заттың алдыңғы қабаттарын жару мақсатында қозуға қабілетсіз болып, жарылғыш зат өшіп қалады. Детонацияның таралу тұрақтылығы шегінде минималды жылдамдық – шектік жылдамдық орын алады. Заряд диаметрі артқан сайын, детонация жылдамдығы жарылғыш заттың берілген күйіне тән қандай да бір шектік мәнге дейін өседі. Мұндай тәуелділік әсіресе біртексіз (ұнтақ тәрізді және түйіршіктелген) жарылғыш заттарда физикалық және химиялық нысанда анық білінеді. Детонацияның тұрақты күйде қалуына мүмкіндік беретін диаметр – шектік диаметр, ал жылдамдық – детонацияның шектік немесе тиімді жылдамдығы деп есептеледі.

Детонациялық қабілеті жоғары жеке ЖЗ (тән, гексоген) үшін шектік және максималды жылдамдықтардың айырмашылығы 5-10%-ды құрайды. Тротил мен қоспалы жарылғыш заттарда бұл айырмашылық 50%-ды құрайды. Әсіресе бұл ірі түйірлі жарылғыш заттарда (гранулиттер, граммониттер) жоғары.

Заряд жабыны диаметрінің шектік диаметрден кіші болуы жағдайында зарядтың жарылу жылдамдығын арттырады. Егер заряд диаметрі шектік диаметрден жоғары болса, жабын жарылу жылдамдығының шамасына әсер етпейді. Жабынның берік болуы детонацияның шектік диаметрін де кемітеді.

Шектік диаметр ЖЗ-ның детонациялық қабілетінің өлшемі және оның маңызды сипаттамасы болып табылады: ол қаншалықты төмен болса, берілген ЖЗ-ның детонация жылдамдығы соншалықты жоғары. Оның мәні екі бірдей жарылғыш затта зарядтың физикалық күйіне және жарылу жағдайларына тәуелді кең аралықта өзгереді. Заряд жазықтығының тиісті жағдайында, ірі түйірлі, ылғалдандырылған немесе нығыздалған күйдегі жарылғыш заттың шектік диаметрінің шамасы жіңішке дисперсиялы әрі құрғақ күйдегі жарылғыш заттың шектік диаметріне қарағанда жоғары болады. Ашық зарядтың шектік диаметрі берік жабындағы (қатты тау жынысындағы) зарядтан бірнеше есе

үлкен болады. Әлсіз жабын (борпылдақ топырақ) шектік диаметрдің төмендеуіне оншалықты әсер етпейді. Шектік диаметр шамасы бойынша белгілі бір жарылу жағдайларында жарылғыш заттың детонациялық қабілетін сипаттауға болады. Егер гранулиттер мен игданиттің ашық заряд кезіндегі шектік диаметрі 100-120 мм, ал болат жабындағы шектік диаметрі 25-30 мм болса, бұл оларды диаметрі мұндай шамалардан жоғары әлсіз жыныстар мен топырақтарда ұңғыма зарядтары, қатты жыныстарда теспе зарядтар түрінде қолдануға болатындығын білдіреді.

Бүгінде шығарылатын өнеркәсіптік жарылғыш заттардың ішінде құрамында нитроэфир бар сезімтал қоспалардың шектік диаметрінің шамасы ең кіші, ал ірі түйірлі (гранулиттер, игданит) және сумен толтырылған жарылғыш заттардың шектік диаметрі ең төмен. Гель тәрізді жарылғыш заттардың массасын жарылыстың ошақ механизмінің «ыстық нүктелерін» туындататын қандай да бір газдың (ауаның) ұсақ көбіктерімен қанықтыру кезінде олардың жарылысқа сезімталдығы мен төзімділігі артып, шектік диаметрі кемиді. Осындай жолмен бәсеңдетілген акватолдар мен акваниттерге КД теспелі зарядтарының тұрақты детонациялық қабілетін беруге болады.

Гранулотол мен алюмотолды сумен толтыру кезінде детонацияның шектік диаметрі кемитін болса, акватолдардың құрғақ қоспаларын сумен толтыру оны керісінше арттырады. Бірінші жағдайда су жарылғыш заттардың жарылу жағдайларын жақсарту үшін түйіршіктерге арналған ішкі жабын рөлін атқарады, екінші жағдайда ол ЖЗ тығыздығын жоғарылатып, оны түрлендіреді.

Өнеркәсіптік ЖЗ жарылу тұрақтылығына және шектік диаметрінің шамасына кері әсер ететін факторлар: физикалық күйдің қанағаттанарлықсыздығы (ірі түйірлі құрылым, нығыздалушылық, шамадан тыс нығыздалу немесе ылғалдану) және жағымсыз жару жағдайлары (детонацияның детонатормен жеткіліксіз қозуы, заряд диаметрі мен жабын диаметрі арасында үлкен саңылаудың болуы, зарядтағы патрондардың шет жақтарының жынысты шашыраңқылығы және т.с.с.).

ЖЗ-ның шектік тығыздығы – берілген диаметр және берілген жару жағдайларында зарядтардың жару жылдамдығының

және тәжірибелік жарылыс әсерінің кемуіне әсер ететін жоғары тығыздық. Шектік тығыздық қоспалы өнеркәсіптік жарылғыш заттарда кездеседі. Жеке жарылғыш заттарда (тротил, гексоген және т.б.) шектік жылдамдық кездеспейді деуге болады; бұларда тығыздықтың максималды мүмкін шамаға дейін өсуі кезінде детонацияның бризанттығы мен жылдамдығы сызықтық тәртіпте өседі. Тотықтырғыштың жанғыш затпен қоспаларында бұл параметрлер бастапқыда өседі де, шектік тығыздыққа қол жеткізілгеннен кейін жарылыстың толық өшуіне дейін төмендейді.

Шектік тығыздық жабынның тығыздығына (массасына), заряд диаметріне, ЖЗ дисперсиялығы мен ылғалдылығына тәуелді. Диаметр ұлғайған сайын, ол да жоғарылайды. Теспе зарядтарда нығыздалған жарылғыш зат ірі ұңғымалы зарядтарда тұрақты жарылуға қабілетті. Жіңішке дисперсиялы жарылғыш қоспаларда, әсіресе олардың құрамында сезімталдығы жоғары компоненттердің (гексоген, нитроэфирлер) жеткілікті мөлшері болуы кезінде артқан шектік тығыздық байқалады. Жартас аммониті $1,5-1,58 \text{ г/см}^3$ тығыздықпен тиісті қоздыру кезінде диаметрі 36 мм нығыздалған патрондарда тұрақты детонацияланады. Гранулит М және игданит $1,25 \text{ г/см}^3$ жоғары тығыздық кезінде теспе зарядтарды тұтандырмауы мүмкін.

Жарылғыш заттың детонациялық импульске сезімталдығы оның патрондары арасындағы ауа арқылы детонацияның берілу қашықтығымен немесе үлгі түрінде қабылданған қандай да бір өзге ЖЗ (мәселен, 200 гр тротил құтысы) зарядының жарылысынан туындайтын тұрақты параметрлердің ауадағы соққы толқыны әсерінен жарылуға бейімделгіштігімен сипатталады. Бұл қашықтықтар қаншалықты үлкен болса, ЖЗ соққы толқынына соғұрлым сезімтал және жарылуға барынша қабілетті болады.

Көмірді қысқа уақытта баяу, топпен жаруға арналған сақтандырылған ЖЗ детонациялық қабілетін көмір-цемент блоктарында МакF3И әдістемесі бойынша сынақтар жүргізу кезінде есептелетін бір уақытта жарылатын көршілес теспе зарядтар (белсенді заряд радиусына келтірілген) арасындағы шектік қашықтық бойынша да бағалайды. Тегіс зарядтарды қолданатын өзге жарылғыш заттардың (мәселен, металдарды өңдеу кезінде) детонациялық қабілеті тегіс қабаттың шектік қалыңдығы бойынша

сипатталады. Егер шектік қабат қатты бетке орналастырылған тегіс зарядтармен сынау арқылы анықталатын болса, онда, әдетте, оның шамасы бүйірлік шашылу және энергияның сейілу көрсеткішінің кішілігіне байланысты тап сол жарылғыш заттың шектік диаметрінің шамасынан кем дегенде екі есе кіші болады. Айталық, мысалы, №6 ЖВ аммонитінің шектік диаметрі – 12 мм, ал қатпардың шектік диаметрі – 5 мм.

Аммиак-селитралы жарылғыш заттардың детонациялық қабілеті оларды физикалық күйдің өзгеруіне (ылғалдану, басылу, нығыздалу және т.с.с.) әкеп соқтыратын жағымсыз жағдайларда сақтау кезінде уақыт өтісімен нашарлайды. ЖЗ қалыпты сақтау жағдайлары кезінде ол сақтау мерзімдеріне қарамастан, бастапқы деңгейде сақталады.

Арна әсері. ЖЗ зарядын берік жабынға немесе теспеге орналастыру, заряд пен жабын қабырғаларының арасында саңылаудың болмауы жағдайында оның детонациялық қабілетін арттырады. Саңылау (10-15 мм) болған жағдайда арна әсерінің нәтижесінде құралдың детонациялық қабілеті нашарлауы мүмкін. Мұның себебі саңылауда үдемелі жылдамдықпен тік профильді ауаның соққы толқынының таралып, оның детонация фронтының алдыңғы бөлігіндегі жарылғыш затты шектік тығыздыққа жақын немесе одан жоғары тығыздыққа дейін нығыздайтындығында. Мұндай әсер детонациялық қабілеті төмен (теспедегі саңылау шамасының 10-15 мм болуы кезінде шектік тығыздығының мәні төмен), сақтандырылатын ЖЗ жару тәжірибесінде байқалады. Жоғарғы шектік тығыздығымен ерекшеленетін жоғары сезімтал жарылғыш заттарда бұл байқалмайды.

Жарылғыш заттардың жарылу механизмі. Жарылыстың гидродинамикалық теориясының мәні ЖЗ бойынша таралатын соққы толқынының заттың жіңішке қабатында сығылу әсерін туындатып, оны жоғарғы температураға дейін қыздыратындығынан көрінеді, осының салдарынан жарылғыш зат көп мөлшердегі жылу бөлу арқылы жылдам химиялық жолмен газ тәрізді өнімдерге айналады. Жарылғыш заттың жарылыс әсерінен өзге өнімге айналу реакциясының механизмі оның химиялық құрамына және физикалық күйіне байланысты әртүрлі болуы мүмкін. Газ қосылыстарынан және бөтен қоспалардан айырылған го-

могенді сұйық әрі кеуексіз біртекті қатты және иілгіш жарылғыш заттар оларға таралған соққы толқынының заттың сығылуына және қызуына, нәтижесінде барлық жарылыс фронты бойынша оның белгілі бір көлемінің химиялық өзге өнімге айналуына себепкер болатын гомогенді механизм бойынша жарылады, бұл ретте химиялық реакциялар барынша тар аймақта жылдам қарқынмен аяқталады. Үлкен көлеммен қыздыру үшін детонациялық толқын параметрлері жоғары, салыстырмалы түрде мықты детонатор қажет. Жеткілікті қоздыру жағдайында жарылыс сығылған заттың бүкіл көлемі бойынша білінбейтін үдеу кезеңсіз тиімді жылдамдыққа ие болады. Егер детонатордың қуаты төмен болса, детонация дамымайды. Гомогенді механизмге детонациялық толқын фронтының қысымы мен температурасының жоғарылығы тән. ЖЗ 6-8 км/с жылдамдықпен жарылады, мұндайда детонациялық толқын алдыда жатқан қабаттарды сығып, олардың жарылыс эсерінен қиратылуына қабілетті. Детонация жылдамдығы бұл ретте заряд диаметріне онша тәуелді емес, яғни детонацияның шектік диаметрі мен сыни диаметрі бір-бірінен аса ерекшеленбейді.

Қолданылатын қатты және иілгіш жарылғыш заттардың көпшілігі физикалық және химиялық біртекті емес: олардың құрамында жоғарыда сипатталған детонация механизмін бұрмалайтын газ көбіктері немесе бөтен тығыз қоспалар болады. Мұндай жарылғыш заттарда жарылыстың ошақты механизмі бойынша таралу ықтималдығы жоғары, аталған механизм бойынша қабаттағы зат массасы соққы толқынымен түгелдей сығылмайды және бір деңгейде қызбайды, бұған көбінесе толқын энергиясы шоғырландырылған оның жекелеген ошақтары бейім келеді. Мұндай ошақтар көбіне газдың сығылып, қатты қызуы байқалатын көбіктердің айналасында, соққыдан сығылу энергиясын жинайтын қатты қосылыстар айналасында оңай түзіледі. Асқан қысым және температура ошақтары, сонымен қатар толығымен біртекті сұйық жарылғыш заттарда, детонациялық толқынның біртексіздігіне байланысты түзілетін қисық соққы толқындарының қиылысу орындарында пайда болуы мүмкін. Бұл жағдайлардың барлығында жарылғыш зат бойынша жарылыстың қозу және таралу жылдамдығы артады.

Асқан біртексіздігімен ерекшеленетін ұнтақ тәрізді және түйіршіктелген жарылғыш заттардың барлығы жарылыс әсерінен жану механизмі бойынша жарылады, мұндай жағдайда жарылыс әсерінен түрлену реакциясы екі кезеңде жүзеге асырылады. Соққымен сығу кезінде қатты қызудың әсерінен бастапқыда тиісті бөліктердің беттерінен қатты компоненттердің қабатпен термиялық ыдырауы жүреді. Бұл ретте түзілген газ тәрізді өнімдер кейіннен бір-бірімен, сонымен қатар газдарға айналмайтын компоненттермен (мәселен, алюминий бөліктерімен) детонациялық толқын параметрлерін қолдауға қажетті жылу энергиясын бөлу арқылы химиялық өзара байланысқа түседі.

Аммиак-селитралы қоспаларда соққымен сығу кезінде әртекті компоненттер олардың жылу сыйымдылықтарына сәйкес қызады да, газдар түзу арқылы ыдырау үрдісі басталады. Бұл ретте бөлінетін оттегі мен азот тотықтары жалын түзу арқылы жанғыш материалдармен өзара әрекеттеседі. Егер мұндай жарылғыш заттардың құрамында бризантты жарылғыш заттар (тротил, гексоген) болмаса, детонациялық толқын аймағында жарылғыш заттың ірі түйірлі күйіне байланысты жарылыс әсерінен жану процесі аяқталмай қалады.

Кеуекті жарылғыш заттардың қатты бөліктерінің жану жылдамдығына ауаның тесіктерде адиабаттық сығылуы есебінен түзілетін саны көп «ыстық нүктелер» және қызған жарылыс өнімдерінің жарылғыш заттардың алдыңғы қабаттарына өтуі қатты әсер етеді. Біртексіз жарылғыш заттардың жарылыс әсерінен жану механизмі бойынша жарылуы кезінде жарылыс әсерінен фронтта түрлену химиялық реакциясының тиісті аймағы жарылғыш заттарды гомогенді механизм бойынша біртекті жарудан карағанда едәуір кең, ал жарылыс параметрлері төмен болады. Аймақтың ені мен параметрлер шамасы қоспалы ұнтақ тәрізді, сондай-ақ түйіршіктелген ЖЗ компоненттерінің химиялық белсенділігіне және ірілігіне тәуелді. Дисперсия көрсеткіші артқан сайын ЖЗ бөліктерінің жану уақыты және тиісінше химиялық реакция аймағының ені кемиді.

Қоспалы біртексіз жарылғыш заттарды жарылыс әсерінен жану механизмі бойынша жаруға тән ерекшелік оны қоздыру үшін біртекті ЖЗ жарумен салыстырғанда бастапқы импульстің төмен

көрсеткішінің талап етілетінінде. Детонация жылдамдығы қандай да бір үдеу бөлігінде тиімді мәнге жетеді, оның шамасы иницирлеу қуатына және иницирлеуші жарылғыш заттың дисперсиялығына байланысты оның зарядының бірнеше диаметрін құрауы мүмкін. Детонация параметрлері, олардың детонация өнімдерінің радиалды кеңеюі және ыдырау толқындарының туындауы есебінен детонация аймағынан энергияның химиялық жоғалуымен байланысты болуы себепті, ЖЗ компоненттерінің бөліктерінің өлшеміне және ЖЗ тығыздығына, цилиндрлі зарядтардың диаметріне тәуелді. Мұндай жарылғыш заттар үшін олардың зарядтардың шектік тығыздығы (берілген жарылыс жағдайларында тығыздықтың бұдан жоғары болуы кезінде жарылыс өшіп қалады) тән.

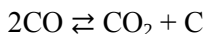
ЖЗ дисперсиялық көрсеткіші қаншалықты үлкен болса, фронтта жарылыс әсерінен түрлену жүзеге асатын химиялық реакциялар аймағы соншалықты кең және детонация процесі баяу, қысым мен жарылыс өнімдерінің кедергіге әсері қаншалықты ұзақ болса, тау жыныстарын жарылыспен қирату кезінде пайдалы жұмысқа айналатын энергия мөлшері соншалықты жоғары болады. Бұл, негізінен, түйіршіктелген ЖЗ, диаметрлері салыстырмалы түрде кіші зарядтарға қатысты айтылады.

Заряд диаметрінің өте үлкен болуы кезінде ЖЗ бөліктерінің өлшемі детонация параметрлеріне және химиялық шың аймағындағы химиялық реакция уақытына аса көп әсер етпейді. Кейбір зерттеушілер бөліктерді тұтандырмай және жарылыс көмегімен ыдыратпай тұрып, бөлшектеп алуға болады деп есептейді. Бөліктердің беріктігін әлсіретіп, олардың бөлшектенуіне әсерін тигізетін заттардың барлығы (ылғал, беттік белсенді заттар) детонациялық қабілетті арттыруы мүмкін.

Сумен және ерітіндімен толтырылған өнеркәсіптік жарылғыш заттардың (гранулотол, алюмотол, акватол) жарылуы жоғарыда қарастырылғандардан ерекшеленетін қандай да бір аралық механизм бойынша жүреді. Газдың болмауы немесе газбен аз қанықтырылуы кезінде мұндай жарылғыш заттардың гомогенді жарылғыш заттар іспетті жарылу параметрлері жоғары болады, оларға қуатты детонатор қажет, олардың жарылу жылдамдығы заряд диаметріне онша тәуелді емес, дегенмен ол тиімді мәнге

дейін бірден дамымай, зарядтың белгілі бір тереңдігін талап етеді. Қатты компоненттердің жарылыстан ыдырау процесі және олардың толтырғышпен өзара әрекеттесуі кезең-кезеңімен жүзеге асады.

Толтырғыш ЖЗ тығыздығының жоғарылауына және оның біртектілік дәрежесінің артуына жағдай жасайды, оның қатты компоненттері үшін олардың толық ыдырауына және жылдамдықтарының артуына септігін тигізетін ішкі жабын қызметін атқарады. Детонация кезінде жарылыс өнімдерінің заряд көлемінде бастапқы түзілу сәтіндегі тығыздығы едәуір артады, сәйкесінше детонация қысымы мен жылдамдығы, кейбір жағдайларда жарылыс энергиясы да жоғарылайды. Мәселен, оттегі балансының терістігімен ерекшеленетін жарылғыш заттарды толтырылған күйде жару кезінде генератор газының тепе-теңдік реакциясы



қосымша 40,75 ккал жылу бөлу арқылы жарылыс өнімдерінің асқан қысымынан оңға жылжиды. Толтырғыш, кейбір жағдайда су (құрамында алюминий бар ЖЗ үшін) және көп жағдайда селитра ерітіндісі жарылыс реакциясына қатысады, бұл газ тәрізді өнімдер мен энергияның артуына себепкер болады. Детонация параметрлері толтырылған күйде заряд диаметріне және ЖЗ түйірлерінің өлшеміне онша тәуелді болмайды. Олардың мұндай күйдегі шектік диаметрі толтырылған күйдегіден қарағанда 2,0-2,5 есе кіші. Толтырылған күйдегі жарылғыш заттың тау жыныстарын жару тиімділігі толтырылмаған күйдегі жарылғыш заттың жару тиімділігімен салыстырғанда 15-20% жоғары.

Бақылау сұрақтары:

1. «Жарылыс» түсінігі және жарылыс түрлері.
2. Химиялық жарылыс өтуі үшін қажетті шарттар.
3. Жарылғыш заттардың детонациясы.
4. Жарылыс кезінде ЖЗ энергиясының таралуы.
5. Жарылыстың тұрақты таралу жағдайлары және жарылғыш заттардың детонациялық қабілеті.

III

ЖАРЫЛЫСТЫҢ ТӘЖІРИБЕЛІК СИПАТТАМАЛАРЫ

Жарылыс жылуының механикалық жұмысқа айналуы біршама шығынның жұмсалуымен өтеді. ЖЗ-ны бір-бірімен әртүрлі тәжірибелік әдістермен салыстырады. Тәжірибелік жолмен ЖЗ-ның жұмысқа қабілеттілігінің салыстырмалы бағасын беретін сипаттамаларды анықтайды.

ЖЗ-ның эффективтілігін сипаттайтын жарылғыштық қасиеттерді бағалау үшін детонация жылдамдығын, бризанттылықты, жұмысқа қабілеттілікті тәжірибелік жолмен анықтайды.

ЖЗ-ның сапасын, МемСтандартқа сәйкестігін және пайдалануға жарамдылығын тексеру үшін детонация толықтығын, патроннан патронға детонацияның берілуіне қабілеттілігін, ЖЗ-ның ылғалдылығын, химиялық және физикалық тұрақтылықтарын анықтайды. Құрамында 15%-дан көп нитроэфир болатын ЖЗ-лар үшін экссудацияны – патрон қаптамаларында сұйық нитроэфирлердің бөлінуін анықтайды.

Сезімталдылығын және ЖЗ-мен жұмыс істеу қауіптілігін бағалау үшін жылулық импульске, соққыға, иницирленуге, шанды бөлуге бейімділігін, электризацияны анықтайды.

ЖЗ-ның қолдану технологиясының сипаттамаларын анықтау үшін себілмелілігі, дисперстілік, ылғалдылық, суға тұрақтылық, қатпарлану, нығыздалып басылуын анықтайды.

3.1. ЖЗ-ның эффективтілігін бағалау

Детонация жылдамдығы жылдамдықты кинотүсірілімді фототіркегіштермен, нақты аспаптармен (осциллограф), реостатты

датчиктермен және сыналатын ЖЗ-ның детонация жылдамдығын стандартты үлгінің детонация жылдамдығымен салыстыру арқылы (Дотриш әдісі) анықтайды. Осциллографиялық әдіс сыналатын ЖЗ токөткізгіш болмаған жағдайда қолданылуы мүмкін.

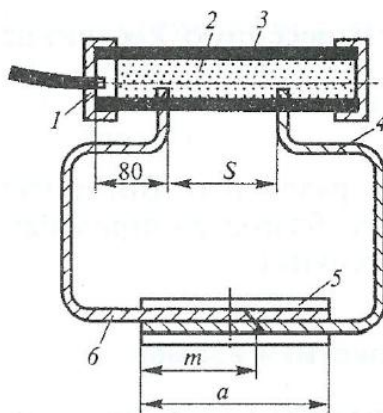
Дала жағдайында геологиялық-барлау партиясына ыңғайлысы Дотриш әдісі, бұл әдісті М.Я. Сухаревский және Ф.А. Першаков модернизациялады, ол лабораториялық қондырғыны қажет етпейді. Әдістің негізі мынада: патронның бүйір жағының беткі бөлігіне диаметрі 31 ± 1 мм және ұзындығы 300 мм заряд осі бойынша екі саңылау жасайды, олардың арақашықтығы – 200 мм. Саңылауларға детонацияланатын контурдың кесінді бөліктерінің ұшын салады (5-сурет). Саңылаулардан капсуль-детонаторларға дейінгі арақашықтық 80...100 мм-ге тең болуы керек. Шнурдың басқа екі ұшын қалыңдығы 0,3...0,5 мм қаңылтыр пластинкаға изоляциялық лентамен қалыңдығы 10 мм болатын аралық қабатпен енгізеді. Жарылыс кезінде детонация заряд бойынша және ДШ-ның екі ұшы бойынша таралады. Шнур кесінділерінің ұзындығын (әдетте, 0,6...1,1 м) детонация толқындары пластинка бетінде болатындай есептейді және осы жерде диагональді майысқан жер қалады. Детонация жылдамдығын 4 сызық бойынша детонациялық толқынның таралу уақытының теңдеуі, ЖЗ заряды және 6 сызық бойынша анықтайды (5-сурет), яғни:

$$\frac{L_1 - a + m}{v_{\text{ДШ}}} = \frac{S}{v_{\text{ЖЗ}}} + \frac{L_2 - m}{v_{\text{ДШ}}},$$

мұндағы a – қорғасын пластинасының ұзындығы; m – пластинаның соңынан толқындардың кездесу нүктесіне дейінгі қашықтық; S – ДШ-ның кесінділері салынған тесіктер арасындағы қашықтық; $v_{\text{ЖЗ}}$ және $v_{\text{ДШ}}$ – сәйкесінше ЖЗ және ДШ-ның детонация жылдамдықтары. Осыдан

$$v_{\text{ЖЗ}} = \frac{S v_{\text{ДШ}}}{L_1 - L_2 - a + 2m}.$$

Детонация жылдамдығы ЖЗ-ның тығыздығына тәуелді болғандықтан, сынақтар кезінде ЖЗ-ға өнеркәсіптік жағдайда тән тығыздықтың болуын қадағалау керек.



5-сурет. Дотриш әдісі бойынша детонация жылдамдығын анықтаудың сымалы:

- 1 – инициатор; 2 – ЖЗ заряды; 3 – қаптама;
4, 6 – ұзындықтары сәйкесінше L_1 және L_2 болатын ДШ кесінділері;
5 – қорғасын пластинасы

Ұшқындық хронограф, зарядтағы жарықтанудың жылдам түсірілімі, айналық фотоұңғы және т.б. әдістермен детонация жылдамдығын анықтау қиын және ол тек арнайы зерттеулерде ғана қолданылады.

Оқ-дәрінің детонацияға қабілеттілігін массасы 8 кг, 1 м тереңдіктегі өлшемі 0,5 x 0,5 м шурфта немесе орда анықтайды. Егер оқ-дәрі массасы 2 кг 6ЖВ аммонит зарядының детонаторынан детонацияланбаса, онда партияны жарамсыз деп есептейді.

3.2. ЖЗ-ның сапасын тексеру

Маңызды тәжірибелік сипаттамаға детонацияның зарядтан зарядқа берілу қашықтығы жатады. Детонацияның берілуі жеке-леген патрондардан немесе ауа аралықтарынан құралатын зарядтың сенімді жарылуы үшін, ЖЗ қоймасының ұяшықтарының арасындағы қалыңдықты орнату үшін (ұяшықтардың біреуінде

жарылыстың локализациясы жүзеге асырылады), зарядтау құралдарын жобалау үшін қажет.

Зарядтың шекарасындағы детонациялық толқын қоршаған ортада соққы толқынды туғызады, бұл соққы егер ол заряд бірінші зарядтан ажырамаса, жарылыс өнімдерімен бірге ауада басқа зарядтың жарылысын тудыруы мүмкін. Бірінші зарядты активті, екіншісін пассивті деп атайды.

Детонация берілуінің ұзақтығы ЖЗ-ның активті зарядының жарылыс жылуы мен массасының артуы бойынша жоғарылайды, ал жақын қашықтықтарда детонация жылдамдығы мен ЖЗ тығыздығының өсуімен артады. Детонация берілуінің қашықтығы ЖЗ-ның пассивті зарядының сезімталдылығының аруымен артады. Пассивті заряд тығыздығының жоғарылауымен детонацияның берілу қашықтығы азаяды. Детонация берілуінің ұзақтығы сондай-ақ ортаның тығыздығы мен серпімділігіне тәуелді, бұл ортада соққы толқын орналасады: серпімділік жоғары болған сайын, ортаның тығыздығы азаяды, ал детонацияның берілуінің ұзақтығы артады. Детонация кедергілерге (су, ағаш, саз, құм және т.б.) қарағанда ауа арқылы үлкен қашықтықтарға таралады.

Егер диаметрлері 32...36 мм болатын патрондар арасындағы аралық 2...18 см-ге жетсе, ауада өнеркәсіптік патрондалған ЖЗ-лар детонацияланады. Суда бұл қашықтық 5...6 есе, әктаста 9...12 есе, құмда 2...8 есе төмендейді. Қаптама бар кезде детонацияның берілуі 3...5 есеге дейін немесе одан да көп есе артады.

ЖЗ-ны детонацияның берілуіне сынау келесідей жүргізіледі: екі патрон топырақтың тегіс бетінде бір осьтің бойында жатындай етіп орналастырылады. Бір патронға отөткізгіш бауының кесіндісі бар электродетонатор немесе капсуль-детонатор салынады, ол жаугер (боевик) немесе активті патрон болып есептеледі; екінші патрон пассивті болады. Детонатор патронның ішкі жағына енгізіледі. Патрондардың бүйір жақтарының аралығына МемСтандарт талаптарына сәйкес шаблондар салынады. Патрондарды шаблондарға тығыз қысады, кейін шаблондарды алып тастайды.

Патрон-жаугердің жарылысынан кейін қос патронның орнын зерттейді. Егер грунттағы патрондардың орналасу жерінде екі

терең шұңқыр түзілсе және олардың әрқайсысының ұзындығы патронның ұзындығынан кем болмаса, онда детонация жаугер патроннан пассивті зарядқа берілген болып есептеледі және екі патрон да жарылған. Егер ұзындығы екі патронның қосынды ұзындығынан аз бір ғана шұңқыр түзілгені белгілі болса, онда детонацияның берілмегені.

Егер үш сынақ нәтижесінде детонацияның берілуі алынса, онда ЖЗ сынақтан өтті деп есептеледі.

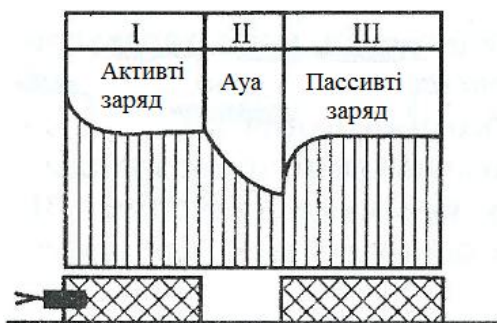
Детонацияның берілуі кезінде қашықтыққа детонациялық толқыннан (I) соққы толқынға (II) өтуі және кері өтуі сызба түрінде 6-суретте көрсетілген.

Бас тартулар сынақтар санын екі еселейді. Егер бұл кезде бас тарту қайталанса, партияны жарамсыз деп есептейді. Нығыздалып қалған аммонит патрондарын сынақ алдында жаттықтырады. Қоймаға қап түрінде келген ЖЗ-ны сынау кезінде диаметрі 31 ± 1 мм және массасы 200 ± 10 г, патрондағы ЖЗ тығыздығы $0,95...1,05$ г/см³ болатындай патрондар дайындайды. Одан кейін сынақты жүргізеді. Суға тұрақты ЖЗ-ны сынауды патрондарды суда 1 м тереңдікте вертикальді жағдайда 1 сағат бойы ұстағаннан кейін жүргізеді. Патрондарды тесігі бар арнайы футлярларға салады. Сынақ кезінде активті зарядтың төменгі ұшына пассивті зарядтың жоғарғы ұшы жалғануы тиіс. Патрондалған ЖЗ-ның сипаттамаларында патрондар арасында детонация берілетін қашықтықты көрсету керек. Бұл шама ЖЗ-ның ішкі импульске сезімталдылығының жанама өлшемі болып табылады. Қашықтық көп болған сайын, заряд та сенімдірек детонацияланады.

Сынақ алдында суға тұрақты ЖЗ-ның патрондарын суға вертикальді жағдайда төменгі бүйір жақтан 1 м тереңдікте орналас-тырады.

Детонацияның толықтығына сынауды ЖЗ-ның бір немесе бірнеше патрондарының детонациялық қабілеттіліктерін анықтау үшін жүргізеді. Патрондарды полигонда бүйір жақтарымен бір қатарға орналастырады. Детонация толықтығын патрондардың орналасқан орны бойынша, топырақта тереңдіктер бойынша және қағаз бен ЖЗ-ның қалдықтары жоқтығынан анықтайды. Түйіршіктелген ЖЗ-ны себілмелі тығыздық жағдайында заряд-

тың бес диаметрінен артық ұзындықтағы диаметрі бар қағаз гильзаға салады. Зарядты аралық детонатор арқылы (массасы 200 г 6ЖВ аммонит патроны немесе шашка) капсюль-детонатормен иницирлейді. Жарылыс кезінде жекелеген түйіршіктердің немесе қағаз қаптамалары қалдықтарының төгіліп-шашылуына рұқсат беріледі. ЖЗ партиясы егер үш сынақ тәжірибесінде толық детонация байқалса, сынақтан өткен деп есептеледі. Бас тарту болған жағдайда сынақ санын екі еселейді және қайта бас тарту болған жағдайда ЖЗ партиясын жарамсыз деп есептейді. Түйіршіктелген және су құрамды ЖЗ зарядты тау жыныстарының массивінде диаметрі ашық зарядты диаметрден 3...4 есе кіші кезде орналастырғанда тұрақты детонацияланатындығы байқалған.



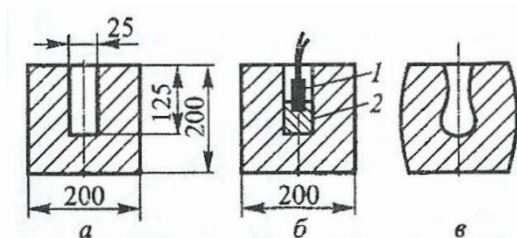
6-сурет. Детонацияның арақашықтыққа берілуі кезінде детонациялық және соққы толқындарының өзара ауысулары

ЖЗ-ның жалпы жұмысты жасауға қабілеттілігін және жарылыстың жергілікті ұнтақтау әсерін анықтайтын сипаттамасы жұмысқа қабілеттілік деп аталады. Жарылыстың жалпы әсері деп аталатын фугастілік тау жыныстарының азғантай массасын бұзуда, жұлып алуда және лақтыруда білінеді. Газдың қалдық қысымы қысымға қарсы ортамен теңескенде процесс аяқталады.

Жарылыстың жалпы әсерінің пайдалы формасы түріндегі (үгіту, тастау және т.б.) жұмыс жарылыстың толық жұмысына пропорционалды болады.

Бризанттылық деп аталатын жарылыстың жергілікті әсері зарядтың беткі бөлігінен жақын аумақта жасалады. Ол ортаны күшті ұсақтауда байқалады және пластикалық деформацияға энергияның аз жұмсалыуымен жүзеге асырылады. Бризанттық әсер детонациялық толқын фронтындағы энергия тығыздығымен анықталады, ол тығыздық туындысының детонация жылдамдығының квадратына ρD^2 пропорционалдылығымен сипатталады. Процесс газ қысымы шамамен 4...6 шамаға ортаның сығылуға беріктілік мәніне төмендегенде аяқталады. Жергілікті ұнтақтағыш әсерге энергияның жұмсалыуы жалпы ортаға қарағанда берік ортада аз болады, бірақ кейбір жағдайда жарылыстың жалпы әсерін әлсіздендіріп, шамасы біршама жоғарылауы мүмкін. Бризанттық әсерге жарылыстық айнарудың сипаттамалық түрі детонация болып табылатын жарылғыш заттар ие.

Жарылыстың фугастілік жұмысын анықтаудың кеңінен таралған қарапайым әдісі қорғасын бомбасында Трауцль әдісі бойынша ЖЗ-ны сынау жатады. Қорғасын бомбасы (7-сурет) рафинатталған қорғасыннан жасалған диаметрі мен биіктігі 200 мм болатын цилиндр болып табылады. Бомбаның осі бойынша диаметрі 25 мм және тереңдігі 125 мм болып келетін канал жүргізілген. Каналдың ішінде шұңғылша болмауы қажет, қорғасын цилиндрдің беткі бөлігінде қабаттар (қыртыстану) болмауы керек.



7-сурет. ЖЗ-ны жұмыс жасау қабілеттілігіне сынау:

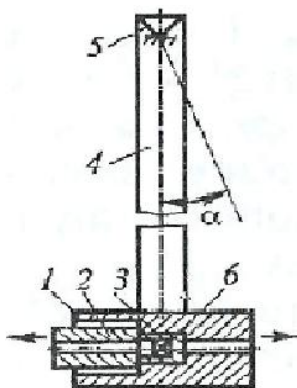
а – Трауцль бомбасы; б, в – жарылысқа дейінгі және кейінгі бомба;
1 – электродетонатор; 2 – ЖЗ заряды

Каналдың түбіне 10 г сыналатын ЖЗ салынады, ол ЖЗ қалайы фольгаға капсюль-детонатормен немесе электрдетонатор-

мен оралған, каналдың түбі патронның түбінен зарядтың $1/3$ биіктігіндей қашықтықта болуы керек. Содан кейін каналды құрғақ ұсақ кварцпен нығыздамай толтырады және ЖЗ-ның зарядын жарады.

Жарылыстан кейін бомба каналы алмұрт тәрізді формаға ие болады. Оны құмнан тазартады және түзілген қуыс көлемін өлшегіш ыдыстан алынатын сумен өлшейді. Алынған қуыс көлемінен жарылысқа дейінгі бомба каналының көлемін есептейді (61 см^3), сондай-ақ детонатор жарылысы нәтижесінде алынған ұлғаю көлемін есептейді ($28.5 \dots 30 \text{ см}^3$). Көлемдер айырымы берілген ЖЗ-ның салыстырмалы жұмысқа қабілеттілік шамасын сипаттайды. Бұл айырымды жұмысқа қабілеттіліктің шамасы ретінде қабылдайды, ол көптеген ЖЗ-ларда $250 \dots 550 \text{ см}^3$.

ЖЗ-ның жұмысқа қабілеттілігін сондай-ақ баллистикалық мортир немесе маятник көмегімен анықтайды. Баллистикалық мортир (8-сурет) маятник түрінде тартқышқа ілінген массивті цилиндр болып табылады.



8-сурет. Жарылғыш заттың жұмысқа қабілеттілігін баллистикалық мортирде анықтаудың сызбанұсқасы:

1 – мортир; 2 – снаряд; 3 – төсеме; 4 – ілмек; 5 – тіреуіш; 6 – ЖЗ заряды

Корпусында жару камерасы бар, мұнда заряд (массасы – 10 г) жарылады және онда ішіне массивті поршень-снаряд салынатын ұлғаю камерасы бар. Жарылыс кезінде поршень-снаряд мортир-

ден лақтырылады, ал мортірдің өзі α бұрышқа ауытқиды, ол арнайы қондырғымен тіркеледі. Мортірдің ауытқу бұрышы бойынша ЖЗ-ның эффективтілігін бағалайды. Стандарт ретінде массасы 10 г ЖЗ жарылған кездегі мортірдің ауытқуын қабылдайды. Басқа ЖЗ-ны салыстырмалы бағалау үшін мортірдің осындай ауытқуын тудыратын зарядты анықтайды.

9-суретте екі маятникті баллистикалық қондырғының сызбанұсқасы келтірілген. Бір маятниктің бүйір жақында массасы 10 г ЖЗ-ның зарядына арналған камера бар, екінші маятниктің бүйір жағы заряд камерасын жауып тұрады. Заряд жарылған кезде екі маятник те бірдей бұрышқа ауытқиды. Жұмысқа қабілеттілік мына формуламен анықталады:

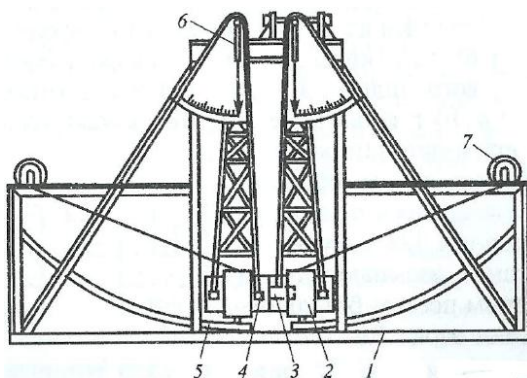
$$\varepsilon = 2Mgl(1 - \cos\alpha),$$

мұндағы M – бір маятниктің массасы; $g=9.81 \text{ м/с}^2$ – еркін түсу үдеуі; l – маятник ілгішінің ұзындығы; α – маятниктің ауытқу бұрышы (өнеркәсіптік ЖЗ үшін $\alpha = 20...35^\circ$).

Маятниктің ауытқу бұрышы өнеркәсіптік ЖЗ сынау кезінде 14° -тан (угленит) 33° -қа (детонит, аммонит) дейінгі аралықта болады. ЖЗ-ның тортилге қатысты жұмысқа қабілеттілігі сынақтар бойынша және Трауцль әдісі бойынша 7%-дан артық болмайды. Сынақ нәтижелерінің аз ауытқуы Трауцль әдісі бойынша сынақты берілген қондырғыда жүргізуге ауыстыруға мүмкіндік берді.

Дөрекі дисперсті ЖЗ-ның жұмысқа қабілеттілігін құйғы түзілу (зарядты берілген тау жынысында жарады және бұзылу көлемін анықтайды) немесе жыныс блоктарының және текшелердің ұсақталуы бойынша (блок немесе текшені жарады және ұсақталу сапасын анықтайды) анықтайды.

ЖЗ-ның фугастілік қасиетіне олардың детонациялық сипаттамалары үлкен әсер етеді. Әдетте, мықты жартасты жыныстарда үлкен жылдамдықпен детонацияланатын ЖЗ фугастілік қасиет көрсетеді, ал жұмсақ жыныстарда аз жылдамдықпен детонацияланады.



9-сурет. Екі маятникті баллистикалық қондырғының сызбанұсқасы:

1 – рама; 2 – мортир; 3 – ЖЗ заряды; 4 – ілмек; 5 – аулағыш;
6 – мортирдің ауытқу бұрышын тіркеуші; 7 – мортирді жіберу шығыры

Бризанттылықты детонация өнімдерінің кинетикалық энергиясының шамасымен бағалау қабылданған

$$\varepsilon_k = Qv_d^2/2,$$

мұндағы Q – заряд массасы, кг; v_d – детонация жылдамдығы, м/с.

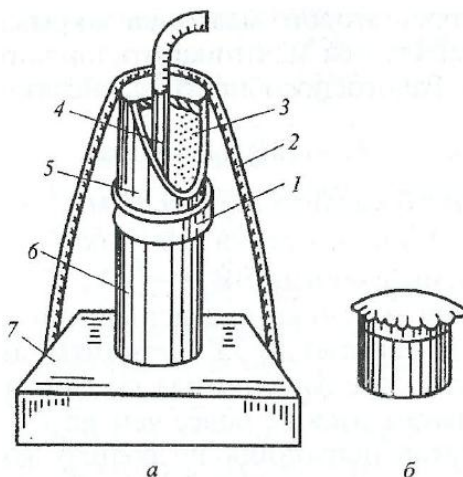
Бризанттылықты сонымен қатар Каста формуласымен анықтайды:

$$B = Fv_d\rho,$$

мұндағы F – $p_0V_0T/273$ қатынасынан анықталатын жарылыс күші; ρ – ЖЗ-ның тығыздығы.

Критикалық диаметрі 60 мм-ге дейін болатын ЖЗ-ның бризанттылығын стандартты сынауды 10-суретте көрсетілгендей, қорғасын бағаншаларын 6 массасы 50 г, тығыздығы 1 г/см³ зарядпен, диаметрі 40 мм қағаз патрондарда 5 сығу арқылы жүргізеді (Гесс сынамасы). Бағанша мен зарядтың арасына диаметрі 41 мм болат пластинаны салады, ал бағаншаны массивті тіреуішке 7 орналастырады. Жинағыштағы қондырғыны шпагатпен 2 бекітеді. Жаруды капсуль-детонатормен 4 жүргізеді. Бризанттылықты қорғасынды сығу шамасымен анықтайды, яғни жа-

рылысқа дейінгі және одан кейінгі орташа биіктік айырымын анықтайды, ол миллиметрмен өлшенеді. Көптеген ЖЗ бризанттылығы – 14...25 мм.



10-сурет. Жарылғыш заттың бризанттылығын анықтаудың сызбанұсқасы:

- а – жарылыс алдындағы құрылғы; б – сығылған қорғасынды бағана;
 1 – болат пластина; 2 – шпагат; 3 – ЖЗ заряды; 4 – капсюль-детонатор;
 5 – қағаз патрон; 6 – қорғасынды бағана; 7 – массивті тіреуіш

Гесс әдісін тек қана бақылау немесе қабылдау ретінде жаушы-жауыттарда қолданады. Ашық зарядтың критикалық диаметрі 40 мм-ден жоғары дәрежі дисперсті және түйіршіктелген ЖЗ-ның бризанттылығын анықтау үшін оларды болат сақиналарға енгізеді. Осындай сынақ нәтижесінде алынған нәтижелерді ашық зарядтардың жарылысы кезінде алынған нәтижелермен салыстыруға келмейді. Өте қуатты ЖЗ (гексоген, тэн) үшін бризанттылықты анықтау кезінде массасы 25 г зарядты қолданады, ал массасы 50 г заряд цилиндрді бұзады. Бұл нәтижелерді стандартты нәтижелермен салыстыру қиын. Детонациясының шекті диаметрі 20 мм-ден көп емес ЖЗ бризанттылығын Каста сына-масы бойынша мыс крешерлік бағаншаларын сығу арқылы анықтайды.

3.3. ЖЗ-ның сыртқы әсерлерге сезімталдылығы

ЖЗ-да жарылғыштық қасиеттің болуы жарылыстың тек қана потенциалдық мүмкіндігін анықтайды. Оны жүзеге асыру үшін ЖЗ-ға онда интенсивті реакциялар өтуін тудыратындай әсер ету және жарылыс туғызу керек. ЖЗ зарядының детонациясын тудыруға қажетті сыртқы әсер иницирлеуші (бастапқы) импульс деп аталады. Жарылыстың бастапқы импульс көмегімен тууы иницирлену деп аталады. ЖЗ-ның бастапқы импульсті қабылдау дәрежесі ЖЗ-ның химиялық құрамы мен физикалық күйіне тәуелді. Химиялық құрам ЖЗ-ның ішкімолекулалық байланыстарының мықтылығын анықтайды. Бастапқы импульстің энергиясы ЖЗ-ның аз ғана молекуласының ішкімолекулалық байланыстарын бұзу үшін жеткілікті болуы керек. ЖЗ-ның кейбір аумақтарының жануы өздігінен жылдамдауы нәтижесінде соқпа толқынның түзілуіне әкелуі мүмкін. Егер соқпа толқындағы қысым кейбір критикалық мәннен асса, онда детонацияға ауысады. Егер толқындағы қысым критикалық мәннен кіші болса, ол заряд бойынша инертті ортадағыдай біртіндеп сөніп (қысым мен жылдамдықтың төмендеуі), таралады.

Физикалық қасиеті шарттар ЖЗ-ның бастапқы импульсті қабылдауына әртүрлі әсер етеді. Ылғалдылық пен тығыздықтың өсуі ЖЗ-ның бастапқы импульсті қабылдауын төмендетеді, ірі бөлшектерінің төмендеуімен жоғарылайды. Бастапқы импульсті қабылдауы сонымен қатар ЖЗ-ның күйімен де анықталады (ұнтақ тәріздес, түйіршіктелген, құйылған, престелген және т.б.).

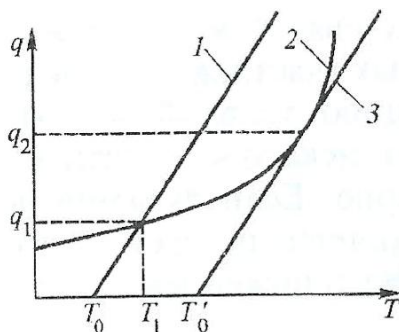
Жану мен детонацияны тудыратын белгілі сыртқы импульсті қабылдауы ЖЗ-ның сезімталдылығы деп аталады. Жарылғыш заттар сыртқы әсерге әртүрлі сезімталдылықпен анықталады. Ең сезімталдары – иницирлегіш заттар, оларды капсоль-детонаторлар мен электродетонаторларда қолданады. Өнеркәсіптік жарылғыш заттар төмен сезімталдылықпен анықталады: мысалы, тротил винтовкалық оқтың соққысынан жарылмайды, игданит – 15...20 капсоль-детонатор жарылысынан жарылады (салыстыру үшін йодты азот құс жүнінің тиіп кетуінен жарылса, қорғасын азиді жеңіл соққыдан жарылады).

Дайындау, тасымалдау, сақтау және қолдану процесінде ЖЗ кездейсоқ факторлар немесе технологиялық қажеттілік әсерінен пайда болған жылулық немесе механикалық әсерге ұшырайды. Жару жұмыстарын жүргізу кезінде бастапқы импульстің көзі ретінде капсюль-детонаторды (КД), электродетонаторды (ЭД), детонирлегіш шнурды және өз кезегінде отөткізгіш шнурдың (ОШ) термиялық энергиясынан немесе электртұтандырғыш әсерінен иницирленетін басқа да құралдарды қолданады.

Сонымен, ЖЗ-ның сезімталдылығын өндіріс қауіпсіздігі, ЖЗ-ны тасымалдау, сақтау және зарядтауды қамтамасыз ету үшін білу керек болса, екінші жағынан, жару жұмыстары кезіндегі зарядтарды сенімді иницирлеуді қамтамасыз ету үшін қажет.

Бастапқы импульс энергиясының формалары әртүрлі болуы мүмкін: механикалық (соққы, үйкеліс), жылулық (сәуле, от), сондай-ақ басқа ЖЗ жарылысының энергиясы және т.б. Тек қана сыртқы әсерлердің әр түріне жасалған сынақтардың жиынтығы ЖЗ-ның сезімталдылығы мен қауіптілігінің жан-жақты сипаттамасын береді.

Орта температурасын T_0 -ге тең деп алайық. Онда ЖЗ температурасы өздігінен қызу әсерінен ыдырау кезінде T_1 -ге дейін көтеріледі (11-сурет). T_1 кезінде жылу келу теңдігі (2-қисық) және жылуды алып кету қамтамасыз етіледі (1-қисық). Әрі қарай температураның жоғарылауы болмайды, ол ыдырау энергиясының әкетілуі q_1 осы температурадан көбірек, ол орта температурасы T_0 кезде бөлінеді, 1-қисық 2-қисықтан барлық $T > T_1$ кезде биік болады. Органың температурасын T_0 -ге дейін қыздырғанда ЖЗ-дан жылуды алып кету q_3 3-қисық бойынша жүреді, ол кез келген температурада 2-қисыққа қарағанда төмен болады. Енді жылуды алып кету жылудың келуін компенсациялай алмайды. ЖЗ-ның қызуы әрі қарай қарқынды жүреді және ол бірден тоқтайды, тұтану пайда болады. ЖЗ-ның тұтануы пайда болатын органың минимальді температурасын T_0 жарқыл температурасы деп атайды және оны ЖЗ-ның сыртқы әсерлерге сезімталдылығының көрсеткіші ретінде қолданады.

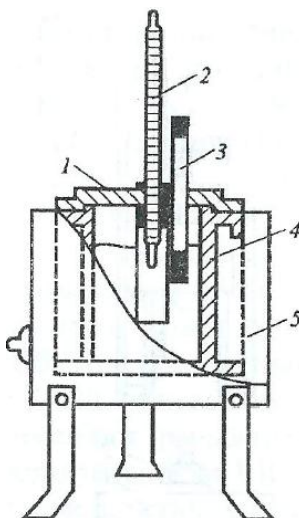


11-сурет. Ортаны қыздыру кезінде жылу әкелу мен жылу әкету арасындағы қатынастың өзгеруі

Жарқыл температурасы $T_{\text{жар}}$ ЖЗ қасиеттерімен (ыдырау жылдамдығымен және оның жылулық эффектісімен) және жылудың келуіне әсер ететін факторлармен (ЖЗ үлгісінің шамасымен және формасымен, қаптаманың қалыңдығымен, қызу жылдамдығымен және т.б.) анықталады. Үлгінің азаюымен ЖЗ ыдырауы үлгінің беткі бөлігінің (анықталатын жылуды алып кету) көлемге (анықталатын жылудың келуі) қатынасының артуы есебінен жарқылсыз өтеді. Үлгінің көбеюімен $T_{\text{жар}}$ азаяды. Қаптаманың болуы жылуды алып кетуді нашарлатады, ЖЗ-ның сезімталдылығын арттырады.

Үлкен қыздыру жылдамдығы $T_{\text{жар}}$ жоғарылатады, ал кішісі төмендетеді. Өте баяу қызу кезінде аз температуралар облысында ЖЗ-ның ыдырауы есебінен жарқылдың болмауы да мүмкін. Жарқыл өте жоғары қызу кезінде де болмауы мүмкін, ЖЗ-ның тез балқуы және қайнауы нәтижесінде сонымен қоса тығыздығы төмен булар түзіледі. Мысалы, массасы 0,05 г тротил үлгісі температурасы 320°C сынауыққа лақтырғанда тұтанады және сынауық температурасы 400°C болғанда жалынсыз ыдырайды.

Түрлі ЖЗ сезімталдылықтарын салыстыруды қамтамасыз ету үшін сынақты бірдей жағдайда жүргізеді. Жарқыл температурасын келесі суретте көрсетілген термостатта анықтайды.



12-сурет. Жарқыл температурасын анықтауға арналған термостат:

1 – қақпак; 2 – термометр; 3 – ЖЗ бар сынауық;
4 – монша корпусы; 5 – футлярь

Массасы 0,05 г ЖЗ үлгісін сынауыққа салады және оны алдын ала 100°C-қа дейін қыздырылған жеңіл балқитын Вуд құймасымен моншаға енгізеді. Монша температурасын минутына 20°C жылдамдықпен жоғарылата отырып, жарқыл жүретін температураны анықтайды. Қолдануға қауіпті қорғасын азиді қауіптілігі аз тэнге, гексогенге қарағанда жоғары температураларда жарылатынын айта кету керек.

Әртүрлі ЖЗ-ның жарқыл температуралары, °C

Күркіреуік сынап.....	160...165
Тетрил.....	195...200
Нитроглицерин	200...205
Гексоген.....	230
Аммонит 6ЖВ.....	320...340
Тротил.....	290...395
Қорғасын азиді.....	330

Т_{жар}-ды анықтаудың басқа әдісі – ЖЗ-ны моншаға жарқыл болғанға дейін салу кезінің уақытын табу. ЖЗ-ны 5 сек ұстаған кездегі жарқыл температурасы 200...500°C-қа тең.

От сәулесіне сезімталдылықты анықтау отөткізгіш шнурының кесіндісі бар сынауықта ЖЗ-ның 1 г үлгісін жандыру арқылы жүргізіледі. Саңылауды реттеу арқылы ЖЗ мен ОШ-ның аралығындағы максималды қашықтықты анықтайды, бұл кезде ЖЗ-ның тұтануы жүреді. Көптеген бризанттық ЖЗ түзілген газдардың еркін ағып шығуы жағдайында жарылыссыз жанып кетеді. Пластикалық динамиттер от сәулесінен және қаптамасыз жарылады.

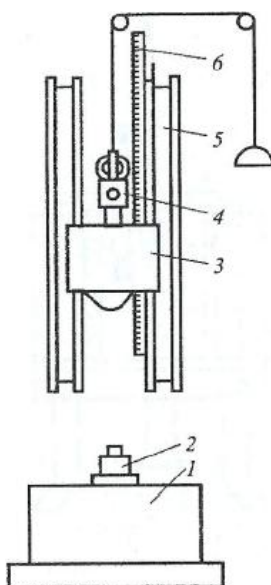
Отөткізгіш шнурдың от сәулесіне сезімталдылығына байланысты ЖЗ-ны келесідей топтарға бөлуге болады: от сәулесінен детонацияланатын – барлық біріншілік иницирлегіш ЖЗ; жарылатын немесе тұтанатын – түтінді оқ-дәрі және құрғақ нитро-клетчатка; жанатын – тетрил және динамит; жанбайтын және жарылмайтын – аммонит, тротил, гексоген.

Жарқыл температурасы ЖЗ-ның от сәулесінен немесе ұшқыннан тұтануын толығымен сипаттамайды. Мысалы, түтінді оқ-дәрі, жарқыл температурасы 300...315°C, жарқыл температурасы 180...200°C түтінсіз оқ-дәріге қарағанда жеңіл тұтанады.

Жарылысты механикалық әсермен туғызу келесі түрде жүргізіледі: механикалық әсер энергиясының бір бөлігі жылулыққа ауысады. Соққы жағдайында интенсивті пластикалық деформация есебінен және «ыстық нүктелердің» түзілуімен ЖЗ-ның механикалық біртексіздігінің облысында жергілікті қызу жүреді. Үйкеліс кезінде жылулық энергия ЖЗ-ның беткі қабатының «ыстық нүктелерінде» орналасады. Жеткілікті әсер ету кезінде мұндай нүктелерден шамасы мен интенсивтілігі бөлінген реакция энергиясы оның стационарлық детонациялық толқынның химиялық зонасына ауысуын қамтамасыз ететін жылулық қозу түзіледі және дамиды.

ЖЗ-ның соққыға сезімталдылығын, әдетте, вертикальді немесе доғалық коперлерде анықтайды. Вертикальді копер (13-сурет) фундаментте орныққан массивті темір соғатын төстен 1 тұрады, оған сыналатын ЖЗ үлгісі бар штемпельді роликті кішкене аспапты 2 орналастырады.

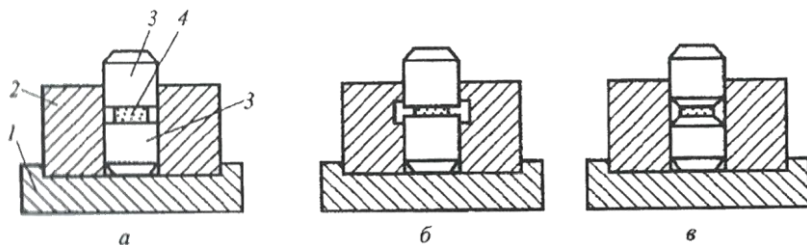
Арнайы ұстағыш 4 есебінен құлайтын жүк 3 екі бағыттағыш рейкалар 5 арасындағы қажетті биіктікте орналасады. Бұл биіктікті рейка 6 көмегімен анықтайды. Ұстағыштың жұмысы тросының тұтқасынан дистанциялық жүзеге асады, ол қызмет көрсетілетін персоналға қажетті қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Коперде жүк шайқалып кеткен жағдайда оны ұстап қалуға мүмкіндік беретін құрал қарастырылған.



13-сурет. Жарылғыш заттың соққыға сезімталдығын коперде анықтаудың сызбанұсқасы:

- 1 – массивті темір соғатын төс; 2 – роликті аспап; 3 – құлайтын жүк;
4 – арнайы ұстағыш; 5 – бағыттағыш рейкалар; 6 – рейка

14-суретте штемпельді кіші аспаптардың кең таралған типтері көрсетілген. Роликтер темір төсте соқпаның рөлін атқарады. ЖЗ-ның соққыға сезімталдылығы аз дәрежеде көптеген факторларға тәуелді: негізінен, роликтің беткі бөлігінің күйіне және олардың шетінде фасоктардың болуына, олар жасалған болатын сапасына және күйдіру дәрежесіне тәуелді.



14-сурет. Жарылғыш заттардың соққыға сезімталдығын жүк түсіру арқылы анықтауға арналған штемпельді приборчиктер:

а – №1 аспапша; б – №2 аспапша; в – стандартты аспапша;

1 – поддон; 2 – муфта; 3 – болат роликтер; 4 – ЖЗ үлгісі

Сол себепті олардың цилиндрлік және бүйір жақ беті мұқият тегістеледі және жүкке қатысты нақты орталықтанады. Оларды термиялық өңдеу роликті подшипниктерге қойылатын талаптарды қанағаттандыруы қажет.

Массасы 0,02...0,05 г сыналатын ЖЗ үлгісін 1 мм қалыңдықтағы қабатпен және диаметрін 5 мм қылып штемпельді аспапқа салады. Лақтырылатын жүктің биіктігіне байланысты, жарылыс немесе ЖЗ жарқылының болуы немесе болмауы мүмкін. Бризанттық ЖЗ үшін жүктерінің салмағы 5...20 кг және құлау биіктігі 3 м-ге дейінгі вертикаль коперлер қолданылады. Иницирлегіш ЖЗ үшін жүк массасы 0,5...1,8 кг рычагты коперлер қолданады. ЖЗ-ның соққыға сезімталдылығының өлшемі ретінде массасы белгілі жүкті алты рет лақтырған кезде аз дегенде бір жарылыс немесе бір ЖЗ жарқылы болатын минимальді биіктік алынады.

7 см-ден аз соққыға сезімталдылығы бар жарылғыш заттар соққыға өте сезімтал, қолдануға қауіпті болып есептеледі және олардың қалыпты тәртіптегі тасымалына тыйым салынады. Күркіреуік сынаптың соққыға сезімталдылығы – 2 см, нитроглицериндікі – 4 см, қорғасын азидінікі – 6 см, динамиттікі – 20...30 см, аммониттікі – 70...100 см.

Коперде сынаудың басқа да әдістері бар. Массасы 10 кг жүкті 25 см биіктіктен лақтырады және 25 сынақ нәтижесінде алынған жарылыс пайызын анықтайды, ол ЖЗ-ның соққыға сезімталдылығының салыстырмалы өлшемі болып табылады.

ЖЗ-ны екі приборда сынай отыра, оның сезімталдылығы жайлы толық түсінік алады, яғни заттың жүктеме астындағы жүзу жағдайы өзгереді.

Зерттеулер соққыға ең сезімтал құрамында гексоген, сұйық нитроэфирлер бар ЖЗ екендігі анықталды: 30...80% жарылыс; жартастық аммониттер №1 және №3 – 30...60% жарылыс; гранулиттер (түйіршіктелген) – 0...12%. Минимальді сезімталдылыққа игданит (0...4%) және осындай жарылыс кезінде бірде-бір жарылыс бермейтін су құрамды ЖЗ ие.

ЖЗ сезімталдығын сондай-ақ массасы 2 кг соққы затын максималды биіктіктен лақтыру арқылы анықтайды, бұл кезде бірде-бір жарылыс болмайды және әр лақтыруда үлгінің жарылуы болмайтын лақтырудың минимальді биіктігі бойынша анықталады (8-кесте).

8-кесте

Кейбір ЖЗ сезімталдығының сипаттамасы

Жарылғыш зат	Соққыға сезімталдығы (жарылыс өтетін, массасы 2 кг жүктің минималды құлау биіктігі), см	Жарылғыш зат	Соққыға сезімталдығы (жарылыс өтетін, массасы 2 кг жүктің минималды құлау биіктігі), см
Аммонит 6 ЖВ	30...75	Нитроглицерин	4
Гексоген	29	Тротил	60...70
Қорғасын азиді	3...4	Тэн	28

Құбырлар және шнектер бойынша араластыру, патрондау, тасымалдау және басқа техникалық операциялар кезінде ЖЗ бөлшектерінің арасында және түрлі қондырғылардың жұмысшы беттерінің арасында үйкеліс байқалады. Үйкелетін беттердің нормалы бойынша бағытталатын қысым және үйкеліс коэффициенті көп болған сайын, үйкеліс күші де көбірек болады.

Үйкеліс күшін жеңу үшін белгілі бір энергия жұмсалады, ол механикалық жұмыс түрінде (ЖЗ бөлшектерінің және олармен әсерлесетін қондырғы аймақтарының деформациялануы және

үйкелуі) немесе үйкелегін денелердің қызуына жұмсалатын жылу түрінде жүзеге асырылады. Бұл кезде температура ЖЗ тұтануы немесе тіпті оның жарылысы болатындай көтерілуі мүмкін.

Үйкеліс коэффициенті тербелгенге қарағанда сырғанау кезінде көбірек болатыны белгілі, сондықтан механикалық зарядтау жұмыстарында түйіршіктелген ЖЗ қолданады, олар үшін тербелу коэффициенті негізгі болып есептеледі; бұл кезде ЖЗ тұтануы және жарылысы үшін жағдай болмайды. Бұл ЖЗ-ны ұнтақ күйінде және сол кіші механикалық зарядтарды қолдану жару жұмыстарының қауіпсіздігін төмендетеді және апаттар мен қайғылы жағдайларға алып келуі мүмкін.

ЖЗ-ның үйкеліске сезімталдығын сынаудың стандартты әдісі әзірге жоқ. Сыналатын затты белгілі жүктемеде болат беті бар арнайы қондырғыда ұзақ уақыт бойы үйкеуге негізделген немесе соққылық сипаттағы үйкелісті жасауға неізделген әдісті көп қолданады. Соңғы жағдайда тәжірибе шартын кішкене қиындату үшін түрлі фрикциондық материалдарды қолданады.

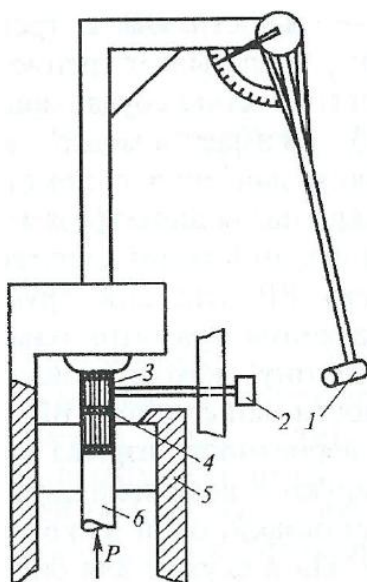
Үйкеліс күші түрлі факторларға тәуелді болғандықтан, түрлі ЖЗ сынауды бірдей жағдайда орындаған дұрыс және олардың эталондық ЖЗ-ға қатысты үйкеліске салыстырмалы сезімталдылығын анықтау керек.

Үйкеліске ЖЗ-ның сезімталдығын анықтауды К-44-III көперінде жүргізеді. Сырғанаушы соққы ЖЗ бөлшектерінің арасында немесе бір-бірімен үйкелетін денелер арасында үйкелісті тудырады (15-сурет).

Массасы 0,05 г ЖЗ үлгісі диаметрі 10 мм болатын екі ролик арасында гидравликалық пресс көмегімен белгілі бір қысымға дейін сығылады. Маятниктің құлайтын жүгінің соққы затына бағыттағыш бойынша бүйірлік соққысы кезінде жоғарғы ролик төменгіге қатысты жылжиды және ЖЗ үлгісін үйкелу әсеріне ұшыратады. Жарылыс ықтималдығы ЖЗ үлгісін роликтер арасында сығу қысымына тәуелді. Осы шаманы өзгерте отырып, сыналатын ЖЗ сезімталдықтарының төменгі, орташа және жоғарғы шектерін анықтайды, яғни жарылыс ықтималдығы 50 және 100% болатын қысым мәндері. Сығу қысымын қондырғы

гидрожүйесіне қосылған екі манометр көмегімен бақылайды, олардың біреуі $(15...25) \cdot 10^5$ Па өлшемдер шегіне ие және сығу қысымының аз шамасын анықтау үшін қолданылса, екіншісі $(15...25) \cdot 10^6$ Па-ға дейінгі өлшемдерге ие.

Эталондық ЖЗ ретінде, әдетте, тетрил алынады. ЖЗ-ның тұтану дәйегін немесе жарылуын дыбыстық эффект, жарқыл, түтін түзілу немесе роликтің бүйіржақтық бегінің күйігі бойынша анықтайды. Әрбір сынақтан кейін роликтерді ЖЗ қалдықтарынан және күйіктен тазартады, ацетонмен ылғалданған дәкемен сүртеді.

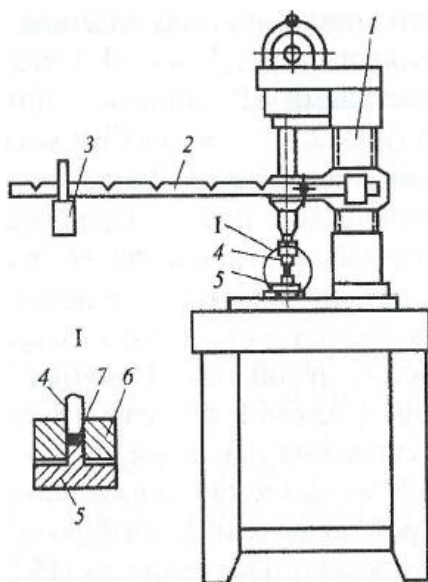


15-сурет. Жарылғыш заттың үйкеліске сезімталдығын анықтауға арналған копер:

1 – сокпа; 2 – стержень; 3 – ролик; 4 – ЖЗ үлгісі; 5 – копер қалқаны;
6 – гидропресс пуансоны

Сондай-ақ ЖЗ-ның механикалық әсерге сезімталдығын ЖЗ үлгісінің құммен қоспасын айналатын әсері бар аспапта анықтайды, құм ЖЗ сезімталдығын арттырады. Бұл кезде 6 тәжірибе

нәтижесінде ЖЗ үлгісінің жарқылы болмайтын минимальді жүктемені анықтайды. Сынақтың негізі мынада: екі жазық болат беттер арасында массасы 0,05 г үлгі орналастырылады және жоғарғы беттің айналу жиілігі 150 мин^{-1} 10 сағат бойы және массасы 5, 10 және 20 кг жүк массасын сығу рычагына ілінуді жасайтын белгілі қысымда ұнтақталады. Аспаптың сұлбасы 16-суретте көрсетілген.



16-сурет. Жарылғыш заттың үйкеліске сезімталдығын анықтауға арналған аспап:

- 1 – бұрғылағыш станок; 2 – басу рычагы; 3 – жүк; 4 – жоғарғы пуансон;
5 – төменгі пуансон; 6 – корпус; 7 – ЖЗ үлгісі

Инертті қоспалар, қаттылық және ЖЗ бөлшектерінің (мысалы, құм) балқу температурасынан едәуір жоғары температура ЖЗ-ның соққыға және үйкеліске сезімталдығын арттырады, ал балқу температурасы төмен қоспалар (мысалы, парафин) ЖЗ сезімталдығын оңтайландырады, соққы энергиясының бір бөлігі

жеңіл балқитын қоспалардың балқуына жұмсалады. ЖЗ флегматизациясы осы құбылысқа негізделген.

Басқа ЖЗ жарылысының иницирлегіш әсеріне ЖЗ сезімталдығы детонацияға сезімталдылық деп аталады. Иницирленетін ЖЗ-ның соққы толқыны қозудың жылулық ошағын тудырады. Ошақтың жеткілікті өлшемі мен интенсивтілігі кезінде онда бөлінетін энергия оны детонацияға ауыстыру үшін жеткілікті болады. Қысым және соқпа толқынның ұзақтығы әсері көп болған сайын ошақта өтетін реакциялардың жылдамдығы да артады. Ең көп иницирлегіш қабілетке ЖЗ-ның детонациялық толқынының параметрлеріне жақын соққы толқындар ие.

Әрбір ЖЗ иницирлену қысымының критикалық мәнімен $p_{кр}$ сипатталады, ол иницирлену табалдырығы деп аталады. Критикалық қысымнан төмен соқпа толқындар ЖЗ детонациясын қоздырмайды.

Физика-механикалық қасиеттері бойынша біртекті ЖЗ-ның қызуы соққы толқындарында бірқалыпты өтеді. Осыған байланысты қажетті жоғары температуралық қызу тек қуатты толқындарды тудырады – 10...20 ГПа фронт қысымындағы толқындар. Біртексіз ЖЗ-да қажетті қызу тек заттың механикалық біртексіздігінде туындайды, сол себепті иницирленетін толқынның қуаттылығы аз болуы мүмкін. Қолданылатын ЖЗ ыдырау механизмдерінің екеуі де болған кезде детонацияланады. Олардың иницирленуі қысымының критикалық мәні 3...8 ГПа аралығында болады. Заряд диаметрінің жоғарылауы ЖЗ иницирлену табалдырығын әжептеуір төмендетеді.

Жарылыстың әсер ету уақытының ЖЗ массасына тәуелділігіне байланысты сезімталдықты тұрақты детонацияны тудыратын инициатордың минималды массасы бойынша анықтайды. Мұндай массаны минималды иницирлену импульсі деп атайды. Минималды иницирлену импульсі (күркіреуік сынаптың граммы бойынша) ұнтақ тәріздес ЖЗ үшін грамдық үлесті, ал түйіршіктелген ЖЗ үшін ондық грамды, су құрамды ЖЗ қатары үшін ондық – жүздік грамды құрайды. 9-кестеде кейбір ЖЗ үшін минималды иницирлену импульсі келтірілген.

ЖЗ-ның иницирленуге бейімділігі

Жарылғыш зат	Минималды иницирлену импульсі (заряд массасы), г	
	күркіреуік сынап	қорғасын азиді
Тротил (ұнтақ тәрізді)	0,36	0,09
Аммонит 6 ЖВ	0,14	—
Динафталит	0,6	—
Тетрил	0,15	0,025

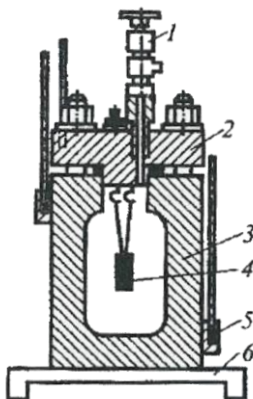
3.4. ЖЗ энергетикалық сипаттамаларын тәжірибелік анықтау

Жарылыс жылуын, жарылыс өнімдерінің құрамы мен көлемін тәжірибелік анықтауды арнайы термометрлік және манометрлік бомбада жүргізеді. Айтылған мақсаттарға қолданылатын бомбалар болаттан жасалған, қабырғалары жалпақ, массивті қақпақтары бар цилиндрлер болып табылады. Бомбаның ішкі көлемі 30 л-ден (Бихель бомбасы, 17-сурет), Долгов бомбасында 50 л-ге дейін болады. Жарылыс алдында бомбадан ауаны шығарады және қалдық қысымды өлшейді. Кейде бомбаны вакуумдеуден кейін инертті газбен, мысалы, азотпен толтырады.

Бомбадағы ЖЗ зарядын электрлік спираль немесе электродетонатор (әдетте, массасы 50...100 г зарядты жарады) көмегімен жарады. Бомбаны сақтау мақсатында зарядтау тығыздығын, яғни заряд массасының бомба (немесе заряд жарылатын ыдыс) көлеміне қатынасын $0,02 \text{ кг/дм}^3$ -тен артық алмайды. ЖЗ зарядын кейде қорғасын қаптамасымен қаптайды, осының арқасында детонация толық жағдайда ЖЗ-ны қолданудың практикалық жағдайына жуық шарттарында өтеді.

Жарылыс кезінде бөлінген жылуды өлшеу үшін бомбаны су мөлшері нақты өлшенген ыдысқа салады. Жарылыс жылуын өлшеу үшін жарылыстан кейінгі бомба корпусының температурасы жоғарылауының үздіксіз өлшемін қолданады. Температураны Бекманның үш метастатикалық термометрімен тіркейді, олар бомбаның ішкі қабырғасында орналасқан мыс клеммаға салынады.

Бомбада бөлінген және бомба денесімен немесе бомбамен және сумен жұтылған жылу мөлшерін бомбаның жылусыйымдылығына көбейту арқылы немесе «бомба + су» жүйесіндегі судың немесе бомба денесінің соңғы және бастапқы температураларының айырымын тауып есептейді және алынған нәтижені 1 кг ЖЗ-ға есептейді.



17-сурет. Бихельдің манометрлік бомбасы:

- 1 – жарылыстан кейін газдарды жинауға арналған вентиль; 2 – қақпақ;
3 – корпус; 4 – ЖЗ заряды; 5 – термометрлер; 6 – ағаш төсеме

Бомбаны калориметр сияқты ондағы бензой қышқылын оттегі атмосферасында жағу арқылы калибрлейді.

Жарылыстан кейін бомбаны суыту үшін және қабырға температурасын орта температурасымен теңестіру үшін 60 минут бойы ұстайды. Одан кейін бомба ішіндегі қысымды өлшейді. Есептеу жолымен қалыпты жағдайға әкелетін газ көлемін анықтайды.

Жарылыс өнімдерін суыту кезінде су буы бомба қабырғасында конденсацияланады. Конденсирленген су көлемін бомбаны құрғақ ауамен үрлеу арқылы орнықтырады, одан кейін құрғақ ауа ыдыс арқылы хлорлы кальциймен айдалады. Ауа хлорлы кальцийге суды береді, ол судың көлемін есептелген газ көлеміне қосады.

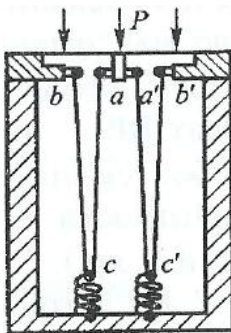
Жарылыстың газ тәріздес өнімдерінің көлемін және жылуын анықтағаннан кейін, газдық талдау көмегімен жарылыс өнімдерінің химиялық құрамын анықтауға болады. Талдауды жүргізу

кезінде жарылыстың улы газдарына – көміртегі оксиді мен азотқа үлкен көңіл бөледі.

Жарылыс өнімдерінің құрамын практикалық жағдайда, мысалы, оқшауланған кеніште талдау үшін газ сынамасын алып отыру арқылы ЖЗ зарядын жару көмегімен анықтайды.

Жарылыс өнімдерінің құрамы мен көлемін және жарылыстық айналу жылуын анықтағаннан кейін жарылыс температурасын есептеуге болады. Жарылыс температурасын тәжірибелі анықтау үлкен қиындықтармен, атап айтқанда, осы параметрдің жоғары абсолютті мәндерімен (5000°C -қа дейін), сондай-ақ оның өмір сүруінің аз болуымен байланысты. Осыған байланысты жарылыс температурасын анықтаудың негізгі әдісі әзірше есептік әдіс болып отыр, ол түрлі ЖЗ-да жарылыс температурасы жарылыс жылуымен шамамен сызықтық қатынаспен байланысына негізделген.

Тәжірибелік жолмен жарылыс қысымын қысымды, сигнал күшейткішін, сигналды қабылдайтын және тіркейтін осциллографты қабылдайтын датчиктерден құралған аспаптар жиынтығымен өлшейді. Төрт созылған сымды тензоэлементі бар қысым тензодатчигі 18-суретте көрсетілген.



18-сурет. Созылған тензоэлементтері бар қысым тензодатчигі

Барлық тензоэлементтердің төменгі ұштары датчик корпусының түбіндегі серіппеге (пружина) бекітілген. Шеткі тензоэлементтердің жоғарғы ұштары корпусқа, ал ортаңғылары мембранаға бекітілген. Жарылыс қысымы кезінде ортаңғы ұшы майысқан күйде көрсетілген.

сады және ac және $a's'$ иықтарының созылуы азаяды, ал bc және $b's'$ иықтарының созылуы артады. Осы кезде олардың кедергісі өзгереді, ол осциллографтың гальванометрімен тіркеледі. Орналастырар алдында тензодатчиктерді ыдыстарға салады.

Қысымды өлшеудің пьезоэлектрлік әдісі кеңінен таралған, ол қысым әсерінен пьезоэлементтің беткі бөлігінде туындайтын электрлік зарядты өлшеуге негізделген. Пьезоэлементтер ретінде пьезокварцты, турмалинді, барий титанатын және т.б. қолданады. Барий титанатынан жасалған пьезоэлемент диаметрі 8 мм және қалыңдығы 3 мм диск болып табылады. Поляризация осі диск осіне параллель. Пьезоэлементтің бүйір жақтарында туындайтын заряд шамасы пьезоэлектрлік модуль t шамасының бүйір жағына түсірілген қысымға p пропорционал, яғни $Q = tp$. Барий титанатынан жасалған пьезоэлемент жарылатын зарядтан түрлі (аз) қашықтықта орналасқан тау жыныстарында жарылыс қысымының шамасын анықтау үшін қолданылады.

3.5. ЖЗ зарядының детонация жылдамдығына әсер ететін факторлар

Өнеркәсіптік ЖЗ материалдардың химиялық және физикалық қасиеттері бойынша әртекті заттар қоспасы болып табылады және ол ЖЗ-ның детонация ерекшеліктерін сипаттайды. Өнеркәсіптік ЖЗ-ның детонациялық қасиеттеріне компоненттерді араластыру біртектілігі айтарлықтай әсер етсе, ал детонация жылдамдығына белгілі шекте заряд диаметрі ықпал етеді.

Заряд диаметрі A жоғарылағанда детонация жылдамдығы v_d жоғарылайды және максималды мәніне жақындайды. Шекті диаметрдің $d_{кр}$ кейбір мәнінен бастап, детонация жылдамдығы шекті мәніне жақындай бастайды. Критикалық диаметр $d_{кр}$ кезінде детонация заряд бойынша таралмайды, диаметр критикалық мәнінен төмен болғанда тұрақсыз болады және сөніп қалады. Критикалық диаметр – детонацияның болуы мүмкін емес болатын диаметрдің мәні. Критикалық диаметр кіші болған сайын, ЖЗ-ның детонациялық қабілеттігі де жоғары болады.

$d_{кр}$ шамасына қабықшаның мықтылығы үлкен әсер етеді. Өнеркәсіптік ЖЗ-ларда ашық зарядтың $d_{кр}$ 4...120 аралығында болады. Қабықшаның мықтылығы жоғарыласа, $d_{кр}$ бірден төмендейді. Түйіршіктелген ЖЗ-ның қағаз қабықшадағы детонация зарядының критикалық диаметрі 60...120 мм, ал металл түтікшеде 10...30 мм болады.

ЖЗ тығыздығы детонация тұрақтылығы мен жылдамдығына әжептеуір әсер етеді. Жеке ЖЗ үшін (тротил, гексоген, тэн және т.б.) тығыздық өсуімен детонациялық толқындағы реакция зонасының аумағы қысқарады және сәйкесінше $d_{ш}$ және $d_{кр}$ азаяды.

Қоспалық ЖЗ үшін (граммониттер, аммониттер және т.б.) тығыздық өсуімен бастапқы кезде $d_{ш}$ және $d_{кр}$ азайса, одан кейін жоғарылайды. Механикалық қоспаларда тығыздық өсуімен v_d максималды мәніне дейін өседі, одан кейін детонация сөнеді. Қоспалық ЖЗ-ның критикалық тығыздығы – детонация тұрақсыз болатын және сөніп қалатын тығыздықтың жоғарғы мәні. Критикалық тығыздық өсуі үшін ЖЗ құрамына күшті сенсбилизаторларды (гексоген, тэн және т.б.) қосады.

ЖЗ-ның детонациялық қабілеттігіне оның дисперстілігі үлкен әсер етеді. Ал бөлшектердің өлшемінің кішіреюі зарядтың $d_{кр}$ төмендеуіне әкеледі. Түйіршіктелген және дөрекі дисперсті ЖЗ-ның сол құрамдағы ұнтақ тәрізді ЖЗ-мен салыстырғанда $d_{кр}$ үлкен болып келеді.

Детонацияның тұрақтылығына сондай-ақ ЖЗ-ның дисперстілігі әсер етеді. Бөлшектерінің өлшемі 0,01 мм тротилдің $d_{кр}$ = 9 мм, ал бөлшектерінің өлшемі 0,5 мм болғанда $d_{кр}$ = 28 мм шамасын құрайды. Қоспалық ЖЗ-лар үшін критикалық диаметр компоненттердің пайыздық құрамына да тәуелді. Аммониттегі тротилдің құрамы төмендеуімен, яғни 21-ден 5%-ға дейін, критикалық диаметр 12-ден 25 мм-ге дейін жоғарылайды.

Бақылау сұрақтары:

1. ЖЗ-ның детонация жылдамдығын анықтаудың Дотриш әдісі.
2. ЖЗ-ның сыртқы әсерлерге сезімталдылығы.
4. ЖЗ жаркылдау температурасын анықтау әдістері.
5. ЖЗ зарядының детонация жылдамдығына әсер ететін факторлар.
6. Детонация жылдамдығы мен критикалық диаметрге ЖЗ тығыздығының әсері.

IV

ӨНДІРІСТІК ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫҢ НЕГІЗГІ ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ

4.1. Өндірістік жарылғыш заттарға қойылатын жалпы техникалық талаптар

Халық шаруашылығында жарылыс жұмыстарын жүргізу шарттарының әртүрлілігі өзінің жарылғыш және тасымалдану сипаттамаларымен ерекшеленетін өндірістік жарылыс заттардың кең ассортиментін пайдалануға негізделеді. Қолданылу шарттарына сәйкес, берілген шарттар үшін жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерге ие ЖЗ таңдалуы тиіс.

Экономикалық көрсеткіштер көбінесе бастапқы компоненттердің немесе шикізаттың бағасымен, сонымен қатар ЖЗ дайындау технологиясына және таңдалған рецептуралық құрам өндірісіне кеткен шығындармен анықталады. Бірақ олар ЖЗ бағасының абсолюттік түрінде емес, тиімділіктің экономикалық критериясынан бастау алатын ЖЗ потенциалдық энергиясының меншікті мәніне жатқызылған баға көрсеткіштерімен қаралуы керек.

Тротил және аммонит 6ЖВ шамамен бірдей жарылыс жылулығына ие (шамамен 4180 кДж/кг). Бірақ тротил селитрадан шамамен 4 есе қымбат болғанымен, энергия бағасы бойынша аммонит тротилға қарағанда екі есе экономикалық тиімді. Сондықтан тротилді тек техникалық себептерге байланысты оның селитрамен қоспасы қолданыла алмайтын жағдайларда ғана, мысалы, ағын су ұңғымасында қолданған тиімді болып келеді.

Тротил мен селитра қоспасына алюминийді қосу тиімді, себебі бұл жағдайда энергияның артуы ЖЗ бағасының жоғарылауын қуып жетеді. Ол әсіресе берік жыныстарды жару кезінде тиімді болып табылады, себебі жыныстар қаттылығының жоғарылауымен бұрғылауға кететін меншікті шығындар өседі. Осыған ұқсас нәтижелер селитраның сұйық мұнай өнімдірімен қоспалары үшін де алынған (игданит, гранулиттер).

Алюминий ұнтағының қымбат болуына байланысты АС маркалы металдық гранулиттерді пайдалану тек қана берік қатты жыныстарды жару үшін тиімді болып келеді. Жарылыс жылулығының аздығына байланысты ЖЗ ретінде жалғыз селитраны қолдану экономикалық тиімсіз болып табылады.

Қолданылудың типтік шарттарының әрқайсысы үшін ЖЗ-ның оңтайлы түрі таңдалуы тиіс, оның ішінде жарылыс жұмыстарының айрықша жоғары техника-экономикалық көрсеткіштеріне жауап беретін бірнеше сұрыптары болуы мүмкін. Әдетте, ЖЗ түрі ретінде химиялық құрамы бойынша кейбір сапалық тұтастығы мен дайындау технологиясы, ал ЖЗ сұрыпы немесе маркасы ретінде нақты рецептура түсіндіріледі. Осыған байланысты типтік шарттар саны өте үлкен болмауы керек. Олай болған жағдайда ЖЗ ассортименті кеңейеді, ол унификация принципімен қайшылыққа түседі.

ЖЗ-ның өзіне тән айрықша қасиеттерін және сәйкесінше рецептуралық құрамы мен ЖЗ дайындау технологиясын талап ететін қолданылу шарттары таңдау критерийлері болып табылады. Мысалы, ЖЗ-ның жерасты жұмыстарында немесе жерүстінде қолданылуын ЖЗ-ның оттекті балансы анықтайды, оған жарылыс өнімдеріндегі улы газдардың мөлшері тәуелді; түптерді суландыру деңгейі ЖЗ-ның суға төзімділігі бойынша талаптарға негізделген; жерасты өндіру жұмыстарында жанғыш газдар мен шаңның болуы ЖЗ сақтандырғыш қасиеттеріне қойылатын талаптарды анықтайды; ЖЗ-ны жоғары температуралы үлкен тереңдікте қолдану үшін термотұрақты ЖЗ қажет; металдарды жарылыспен өңдеу үшін ЖЗ-ны қолдану өзіндік критерийлерді қажет етеді және т.б.

4.2. Нитроқосылыстар және олардың халық шаруашылығында қолданылуы

Құрамында нитротоп бар жарылғыш химиялық органикалық қосылыстардың үлкен тобы жатқызылатын нитроқосылыстар халық шаруашылығында еркін бризантты ЖЗ (гранулотол), шашка-детонаторлар, детонирлеуші шнурлар, капсюль-детонаторлардағы екіншілік ЖЗ зарядтары түрінде және қоспалы өнеркәсіптік ЖЗ (аммонит, динамит және т.б.) компоненттері ретінде қолданылады. Қатаң түрде ЖЗ нитротоп қандай элементке жалғанғанына байланысты жеке нитроқосылыстар, нитрозфирлер, нитроаминдер және т.б. топтарға бөлінеді.

Қоспалы ЖЗ-да нитроқосылыстар әртүрлі қызметтер атқаруы мүмкін. Оттектік балансы теріс және тротил, ксилит, тринитробензол және т.б. бризантты ЖЗ қасиеттеріне ие нитроқосылыстардың аммиак селитрасымен қоспасы бірмезгілде жанғыш зат және селитраға немесе оның төмен детонациялық қабілетке ие қоспаларына қатысты сенсублизаторлар ретінде қолданылады. Осындай қоспалардың әдеттегі мысалдары: аммониттер, граммониттер, аммоналдар, құрамында тротил бар акватолдар мен акваналдар сұрыптары.

Кейбір жағдайларда сенсублизаторлық әсерін арттыру үшін қоспа құрамына тротилден басқа немесе оның орнына гексоген (жартасты аммониттер мен аммонал), нитроглицерин (углениттер, детониттер), тэн және т.б. секілді детонациялық импульске неғұрлым күшті және неғұрлым сезімтал заттар қосылады.

Сонымен қатар оң (нитроглицерин) және теріс оттекті балансты (тротил) нитроқосылыстар қоспадағы жанғыш компоненттерге, мысалы алюминийге, қатысты өздері тотықтырғыш болып келетін қоспалар да бар. Мысалы, тротилден және алюминий ұнтағынан тұратын алюмотол.

Жарылғыш қасиеттері нашар кейбір нитроқосылыстар, мысалы динитронафталин, жарылғыш қоспаларда жанғыш компоненттер ретінде қолданылады. Мысалы, Фавье құрамы, аммиак селитрасынан және динитронафталиннен тұратын динафталиттер.

Нитроқосылыстарды таза күйінде қолдану жарылыс өнімдерінің улылығына (оттектік балансы теріс қосылыстардың жарылыс өнімдерінде көміртек окисінің мөлшері жоғары), механикалық әсерлерге неғұрлым сезімталдығына, ал кейбір ЖЗ қымбаттылығына байланысты шектелген.

Көрсетілген себептер бойынша нитроқосылыстар түріндегі жеке ЖЗ таза күйінде неғұрлым экономикалық тиімді қоспалы тек аммиак-селитра түріндегі ЖЗ немесе басқа арзан тотықтырғыштар негізіндегі ЖЗ қолдану мүмкін болмаған жағдайларда пайдаланылады: ауыр гидрогеологиялық жағдайларда, мысалы, қарқынды су алмасу процесі бар ұңғымаларда немесе құрамында суда еритін тотықтырғыш тұздар бар қоспаларды пайдалану, олардың зарядтан шайылуына байланысты тиімсіз болып келетін су астындағы үлкен тереңдіктерде; металдарды жарылыс арқылы өндеуде (орнықтыру, кесу, т.б.); ЖЗ детонациясының жоғары параметрлері немесе зарядтардың кіші критикалық диаметрлері қажет жарылыс тәсілі арқылы жасанды минералдарды алу барысында; гексоген, октоген секілді жоғары термотұрақты ЖЗ қажет мұнай өндіретін өндірістегі үлкен тереңдіктерде атқылау-жару жұмыстарының өндірісі кезінде.

Халық шаруашылығында кең қолданыс тапқан нитроқосылыстардың жарылғыш қасиеттері 10-кестеде көрсетілген.

4.3. Тротил және оның халық шаруашылығында қолданылуы

Сыртқы сипаты бойынша тротил ашық сары және технологияға байланысты кристалдық, қабыршақты немесе ұнтақталған зат болып келеді. Кристалдары моноклинді және орторомбалық формада болады.

Тротил толуол мен азот және күкірт қышқылының қоспасын нитрлеу арқылы алынады. Тазартылған өнімнің балқу температурасы – 86,9°C. Қосалқы заттардың, соның ішінде асимметриялық тринитротолуолдардың болуы балқу температурасын

75-77°C-қа дейін төмендетеді. Қосалқы заттар тротилмен май тәрізді көп компонентті эвтектикалық қорытпа түзеді, осыған байланысты оларды тротилді май деп атайды.

Тротил монокристалының тығыздығы – 1,663 г/см³, гравиметриялық тығыздығы – 0,5-0,85 г/см³. Гигроскоптылығы шамамен 0,05%, 100°C кезінде суда ерігіштігі төмен 0,15%, бұл қолайлы қасиет болып табылады.

Тротил улы, шекті рұқсат етілген концентрациясы – 0,001 мг/г, ол тыныс алу жолдарын, асқорыту жолын зақымдайды. Ұзақ әсер ету кезінде әлсіздік, бас айналу, тері қабынуын, гепатит ауруын тудырады.

Тротил таза күйінде физикалық және химиялық тұрақты зат және қауіпсіз болып табылады. Үйкеліске сезімталдығы – 300 МПа, кварцты құммен – 190 МПа. Соққы-толқынды сезгіштігі – 0,7 ГПа. Жарқ ету температурасы – 290°C. Детонацияға қабілеттілігі қанағаттанарлық: қорғасын азидінің шекті иницирлейтін заряды – 0,1 г, күркіреуік сынаптікі – 0,38 г.

Ұнтақ тротилдің критикалық диаметрі – 8-10 мм, детонацияның шекті диаметрі – 32 мм. Тығыздық артқан сайын детонациялық қабілеті өседі, ал детонацияға сезімталдығы төмендейді.

Тротилдің термотұрақтылығы – 215°C. Бұл температураны тротил 4 сағат 40 минут, ал 225°C-ты сәйкесінше 2 сағат 30 минут ұстайды.

Тротил таза күйінде және гексоген немесе тэн қоспасында құюлы және престелген шашка түрінде сейсмикалық шолу үшін зарядтар, габаритті емес жыныстар бөліктерін ұсақтау үшін кумулятивті зарядтар, аралық детонаторлар ретінде кең қолданылады.

Гранулотол және алюмотол шектеусіз суға тұрақтылығымен сипатталады және ірі түйіршікті ЖЗ тобына жатады. Тек қана гранулотол және алюмотол суландырылған ұңғымаларды зарядтау үшін ұсақталған түрінде қолданылады, әсіресе ағын суда жарылғыш қасиетін жоғалтпай немесе төмендетпей шексіз уақыт ұңғымада болуға қабілетті.

Бұл ЖЗ сфералық түйіршіктерінің өлшемі – 2-4 мм. Түйіршік өлшемі 2 мм-ден кіші болса, 15%-ға дейін, ал 4 мм-ден үлкен

болса, онда 10%-ға дейін болады. Гранулотол түйіршіктері ашық сары, алюмотолдікі сұр түсті. Гранулотол түйіршіктерінің тығыздығы – 1,48-1,54 г/см³, алюмотолдікі – 1,52-1,68 г/см³. Түйіршіктерінің ірі өлшеміне, тегіс бетіне және біркелкі жоғары тығыздығына байланысты олар суға және оның неғұрлым тығыз шламдарына жақсы батады, зарядты сыйымдылыққа ықшамды түрде жатқызылады, ол зарядтау тығыздығын шамамен 1 г/см³ шамасына жеткізеді. Гранулотол және алюмотол құрғақ және дымқыл күйінде борпылдақ, аз шандалады, гигроскопты емес, сақтаудың және пайдаланудың қарапайым жағдайларында тұрақтылығы жоғары. Олар ұзақ сақтау барысында ылғалданбайды, нығыздалмайды және бірікпейді. Қыс мезгілінде түйіршік бетінде 2%-дан жоғары су болғанда қатып қалады. Қысқы уақытта қатып қалуының алдын алу үшін гранулотол мен алюмотолдағы ылғал 2%-дан аспауы керек. Құрғақ күйінде себу барысында қатты электрленеді. Сондықтан механикалық зарядтау барысында оларды ылғалдандыру керек.

Гранулотол мен алюмотол құрғақ күйінде және суда химиялық тұрақты. Қышқылды сулар олардың тұрақтылығын аз ғана, ал сілтілі сулар айтарлықтай өзгертеді. Алюминий ұнтағы сілтімен әрекеттесіп, гидрототыққа айналады. Гранулотол мен алюмотолдың түйіршіктері құрғақ күйде 76-78°C температурада балқиды және олар термиялық тұрақты болып келеді. Гранулотол мен алюмотолдың жарқыл температурасы – 310-320°C.

Қатты қағазды целлюлозалық қаптардағы гранулотол мен алюмотолдың кепілді пайдаланылу мерзімі – 1 жыл.

Гранулотол мен алюмотолды дайындау технологиясы төмендегідей. Алдын ала балқытылған қабыршақты тротил алдымен ыстық, содан соң суық суда түйіршіктеледі. Балқытылған тротил ыстық суда тамшыларға бөлінеді, ал бұл тамшылар суық суда тез қатайып, түйіршіктерге айналады.

Алюмотолды дайындау кезінде балқытылған тротилге алюминий опасы қосылады.

10-кесте
Халық шаруашылығында қолданылатын нитроқосылыстардың жарылғыштық қасиеттері

Зат	Химиялық формуласы	Молекулалық массасы, г/моль	Ен үлкен мүмкін бо- латын тығыздығы, г/см ³	Балқу температурасы, °С	Түзілу жылуы, кДж/кг	Оттектік бағанс, %	Жарылыс жылуы, кДж/кг	Қорғасынды бомбада жұмысқа қабылтылуы, мл	Ен үлкен жоғары детонация жылдамдығы, км/с	Детонация қысымы, ППа	Соқыға сезім- талдығы, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тропил (тринитро- толуол)	$C_7H_5N_3O_6$	227, 1	1,66	80,8 5	186,7	-74	3570 ^(1,0) 4330 ^(1,6)	285	7,0	20,5- 21,0	4-28
Гексоген (цик- логриметилен- тринитрамин)	$C_3H_6N_6O_6$	222	1,81	204, 5	-420,3	-21,6	5000 ^(1,1) 5420 ^(1,7)	470	8,8	34,7- 35,4	70-90
Октоген (циклотетра- метиленте- тринитрамин)	$C_4H_8N_8O_8$	296	1,906	270	-369,6	-21,6	5080 ^(1,3) 5460 ^(1,8)	415	9,1	-	84
Нитроглицерин (глицерин- тринитрат)	$C_3H_5N_3O_3$	227	1,6	13,2	1516,6	+3,5	6220	550	7,7	21,6	Жарылысты 4 см біктіктен құлайтын 2 кг жүк тудырады.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нитродиглицоль (диглицерилнитрат)	$C_2H_4(ONO_2)_2$	196	1,385	-	2078,3	-40,8	3980	425	-	-	Жарылысты 175-180 см биіктіктен құлайтын 2 кг жүк тудырады.
Нитроглицоль (этиленглицольдинитрат)	$C_2H_4N_3O_6$	152	1,48	-21,7	1170	0	6640	650	7,4	-	Жарылысты 20 см биіктіктен құлайтын 2 кг жүк тудырады.
ТЭН (тетранитропентаэритрит)	$C_5H_8N_4O_{12}$	316	1,7	141	1516,6	-10,1	$5440^{(0,9)}$ $5650^{(1,7)}$	500	8,6	24,6	Жарылысты 17 см биіктіктен құлайтын 2 кг жүк тудырады.
Динитро-нафталин	$C_{10}H_6N_2O_4$	218	1,5	150-160	-138	-139,4	2940	100	1,15	-	0
Нитрометан	CH_3NO_2	61	1,13	-28,6	1377,6	-0,393	4640	410	1,15	-	0 – 8

Ескерту: жақшада жарылыс жылуы анықталған тығыздықтың мәндері ($г/см^3$) көрсетілген.

4.4. Гексоген және октоген

Гексоген. Сыртқы түрі бойынша ақ зат болып табылады. Монокристалл тығыздығы – $1,816 \text{ г/см}^3$ және себілмелі тығыздығы – $0,8-0,9 \text{ г/см}^3$. Престеген кезде тығыздығы $1,73 \text{ г/см}^3$ -ге дейін жетеді.

Гексогенді уротропинді азот қышқылымен нитрлеу арқылы алады. Балку температурасы – $204-205^\circ\text{C}$. Техникалық өнім 202°C -де балқиды. Гексоген ылғал тартқыш емес. Ол улы, шекті рұқсат етілген концентрациясы $0,001 \text{ мг/л}$; орталық жүйке жүйесін, ең алдымен бас миын зақымдайды, қан айналым жүйесінің жұмысын бұзады және қаназдыққа әкеледі.

Гексоген механикалық әсерлерге өте сезімтал болып келеді: соққыға сезімталдығы – №2 аспапта алынған төменгі шегі 70 мм , үйкеліске кварцты құмсыз – 150 МПа . Сезімталдығын төмендету үшін гексогенді балауыз тәрізді заттармен флегматизациялайды.

Жарқ ету температурасы – $220-230^\circ\text{C}$. Ашық ауада ол қалдықсыз жарық ақ жалынмен жанады, тез қыздыру кезінде жарылыспен ыдырайды. Детонацияның критикалық диаметрі – $1-1,5 \text{ мм}$. Гексоген детонацияға жоғары сезімталдығымен сипатталады. Тығыздық өскен сайын детонациялық қабілеттілігі артады.

185°C температураны $2,5$ сағат бойы ұстайды.

Гексогенді шашка-детонаторлар және аммиак селитрасы негізіндегі ЖЗ сенсублизаторы ретінде, мысалы, жартасты аммониттерде, аммоналдарда, сонымен бірге гексопласт түріндегі пластикалық ЖЗ-да, майысқақ, детонирлеуші шнурларда, сейс-мобақылау үшін сызықты зарядтарда қолданады.

Октоген – ақ кристалды балқығыш зат. Монокристалл тығыздығы – $1,906 \text{ г/см}^3$, гравиметриялық тығыздығы – $0,871 \text{ г/см}^3$ және балку температурасы – $278,5-280^\circ\text{C}$. Оны уротропинді азот қышқылымен сірке ангидрид және аммоний нитраты ортасында нитрлеу арқылы алады.

Октоген ылғал тартқыш емес, суда $15-20^\circ\text{C}$ кезінде шамамен $0,003\%$ октоген ериді, ал 100°C кезінде $0,02\%$.

Улылығы бойынша октоген гексогенге ұқсас, ол орталық жүйке жүйесін, ең алдымен бас миын зақымдайды, қан айналым жүйесінің жұмысын бұзады және қаназдыққа әкеледі.

Октоген механикалық әсерлерге жоғары сезімталдығымен сипатталады: соққыға №2 аспапта алынған сезімталдықтың төменгі шегі – 92-100 мм, үйкеліске кварцты құмсыз – 186-220 МПа.

Жарқ ету температурасы – 291°C. Монокристалл детонациясының критикалық диаметрі – 18 мм. Октоген салыстырмалы жоғары термотұрақтылығымен ерекшеленеді: 200°C температураны 8 сағат 30 минут, 205°C-ны 4 сағат 30 минут, 220°C-ны 2 сағат бойы ұстайды.

Октоген термотұрақты ЖЗ ретінде терең мұнай ұңғымаларын бұрғылап тесу үшін зарядтарда, термотұрақты капсуль-детонаторларда, қосымша детонаторларда, детонирлеуші шнурларда қолданылады.

АҚШ-та оны 220°C-қа дейінгі температурада, негізінен, ату-жару жұмыстарында, сонымен қатар ыстық құймаларды ұнтақтауда, домна пештерін жөндеу мен түсіруде қолданады.

4.5. Тэн

Сыртқы түрі бойынша балқу температурасы – 141,3°C және тығыздығы 1,77 г/см³ ақ кристалды зат, нашар престеледі. Престеген кезде тығыздығы 1,6 г/см³-ге дейін жетеді. Бөлшектерінің өлшемі – 10 – 830 мкм. Оны пентаэритритті азот қышқылымен нитрлеу арқылы алады.

Тэн ылғал тартқыш емес, суда ерігіштігі 19°C кезінде шамамен 0,01%, ал 100°C кезінде 0,035%.

Тэн – улы зат, жоғарғы тыныс алу жолдарын тітіркендіреді, шырышты қабықтың және терінің қызаруына әкеледі; өкпеге түскен кезде қан тамырларының кеңеюіне әкеп соғады.

Тэн химиялық тұрақты, гексоген және октогенге қарағанда механикалық әсерлерге өте сезімтал. Иницирлейтін импульске сезімталдығы: күркіреуік сынаптың шекті иницирлеуші зарядының массасы – 0,17 г, қорғасын азидінікі – 0,03 г. Детонацияның критикалық диаметрі – 1-1,5 мм. Жарқ ету температурасы – 205-225°C.

Таза және флегматизацияланған тэн детонирлеуші шнурларды және иницирлеуші құрылғыларды жабдықтау үшін престелген қосымша детонаторлар, сонымен бірге майысқыш ЖЗ үшін қолданылады.

4.6. Нитроглицерин, нитроглицольдар

Нитроглицерин және нитроглицольдар май тәрізді түссіз сұйықтық болып табылады.

Нитроглицеринді глицеринді нитрлеу арқылы, нитродиглицольді диэтиленглицольді нитрлеу арқылы, нитроглицольді этиленглицольді нитрлеу арқылы алады.

Нитроглицерин аса суып кетуге бейім. Қатайта отырып, оның екі формасын алуға болады: балку нүктелері әртүрлі тұрақсыз және тұрақты. Тұрақсыз нитроглицериннің қатаю температурасы $+2,1^{\circ}\text{C}$, балку температурасы $+2,8^{\circ}\text{C}$, тұрақты нитроглицериндікі сәйкесінше $+13,2^{\circ}\text{C}$ және $+13,5^{\circ}\text{C}$. Тұрақсыз нитроглицериннің кристалдары триклинді жүйеде, ал тұрақты түрінікі бипирамидалы-ромбалық. Температураны 10°C -ге дейін көтергенде нитроглицериннің тұрақсыз формасы тұрақты формаға оңай ауысады. Нитроэфирлер механикалық әсерлерге өте сезімтал болып келеді.

Нитроглицеринді темірді темірге соғу арқылы оңай детонирлеуге болады. Қызған темірге тигізсе, нитроглицерин жарылады. Тұтанған нитроглицерин аз мөлшерде көгілдір жалынмен жанады. Қатып қалған нитроглицериннің соққыға сезімталдығы нашар, бірақ үйкеліске өте сезімтал, сондықтан айтарлықтай қауіпті. Қыздырылған нитроглицерин соққыға өте сезімтал. Нитродиглицоль және нитроглицоль нитроглицеринге қарағанда соққыға айтарлықтай сезімтал емес.

Нитроглицериннің суда ерігіштігі 15°C кезінде 1,6%, 50°C кезінде 2,5%; нитродиглицоль ылғал тартқыш емес, суда ерімейді; нитроглицольдің ерігіштігі едәуір: 100 г суда 25°C кезінде 0,52 г ериді, ал 60°C кезінде 0,85 г. Нитроглицольдің ылғал тартқыш қасиеті нашар.

Нитроэфирлер улы. Олар бас ауыруын туғызады, жүйке жүйесін зақымдайды.

Нитроглицерин оң оттектік балансқа (+3,5%) ие және қуатты ЖЗ-ның бірі болып табылады. Нитроглицерин нөлдік оттектік балансқа ие және потенциалдық энергия мәні бойынша нитроглицериннен 7%-ға артық, критикалық диаметрі аз.

Нитроглицериннің жарылғыш ыдырауы қыздыру, механикалық әсерлер (соққы, үйкеліс), капсуль-детонатордың иницирлеуші импульсі арқылы туындауы мүмкін.

Сұйық нитроглицериннің детонация жылдамдығы сынау жағдайына тәуелді. Сынаудың қарапайым жағдайларында детонация жылдамдығы шамамен 7,7 км/с, бірақ детонацияның таралуының төмен жылдамдықты режимдері де бар (1,5-2 км/с).

Нитроглицериннің ұшқыштығы нитроглицеринге қарағанда айтарлықтай жоғары, бұл қасиеті оның қолданылуына әжептәуір кедергі келтіреді. Углениттер мен детониттер құрамына кіретін нитродиглицериннің ұшқыштығы нашар.

Сезімталдық қасиетінің жоғары болуына байланысты нитроэфирлерді тасымалдауға тыйым салынған, сол себепті олар дайындау орнында өндіріледі.

4.7. Динитронафталин

Динитронафталин қатты түйіршіктер, қабыршақ немесе балку температурасы 150-160°C болатын ашық сары түсті кристалдар түрінде кездеседі. Оны мононитронафталинді нитрлеу арқылы алады. Монокристалл тығыздығы – 1,5 г/см³, гравиметриялық тығыздығы – 0,9 г/см³.

Улы зат, орталық жүйке жүйесін, қанды және бауырды зақымдайды.

Динитронафталин 318°C-ге дейін баяу қыздырғанда көбік түзе ыдырайды. Сымды 245°C-ге дейін қыздырса, тұтанады.

Динитронафталин – әлсіз ЖЗ және детонацияға қабілеттілігі нашар, сондықтан өз бетімен қолданылмайды. Жарқ ету температурасы – 300-310°C; ол өндірістік жарылғыш заттардың, соның ішінде аммиак селитрасы бар қоспалардың құрамына кіреді. Сезімталдығы төмен болғандықтан, динитронафталинді басқа компоненттермен (аммиак селитрасымен) диірменнің үстіңгі

айналма тасында механикалық өңдеуге болады. Аммиак селитрасының динитронафталинмен қоспасы айналма өңдеуден кейін түйіршікті құрам түрінде болады, ол жоғары жарылғыш және суға тұрақты қасиеттерімен сипатталады (динафталиттер).

4.8. Нитрометан

Нитрометан – түссіз қозғалмалы сұйықтық, суда ериді. 20°C-де нитрометанның 9,77%-ы ериді, ал нитрометанның өзі осы температурада 2,2% суды ерітеді. Нитрометанды алифатты көмірсутектерді газфазалық нитрлеу, кейін тазарту арқылы алады. Нитрометанның улылық әсері жоғары емес, зияндылығы бойынша жанармаймен тең. Ауадағы шекті рұқсат етілген концентрациясы – 30 мг/м³.

Нитрометанды соққы кезінде немесе жарылғыш импульстен детонирлеуге болады. Ең аз иницирлеуші импульс 3-5 г тротил, механикалық әсерлерге сезімталдығы: соққыға №2 аспапта алынған сезімталдықтың төменгі шегі – 230 мм, үйкеліске – 127-133 МПа. Полиэтиленді түтікте детонацияның критикалық диаметрі – 28-30 мм, болат түтікте – 8-10 мм.

Энергетикалық сипаттамалары бойынша нитрометан гексогенге ұқсас. Критикалық диаметр мәндері бойынша нитрометан қосымша детонатормен иницирлеу кезінде жоғары детонациялық қабілетке ие болады, сонымен қатар механикалық әсерлерге сезімталдығы төмендейді.

Нитрометан – сумен араласпайтын жеке сұйықтық және қиын қататын ЖЗ, қоспалы аммиак-селитралы және алюмоқұрамды ЖЗ компоненті ретінде қызығушылық танытады.

Бақылау сұрақтары:

1. Өнеркәсіптік жарылғыш заттардың түрлері.
2. Жарылғыш заттардың халық шаруашылығында қолданылуы.
3. Өндірістік жарылғыш заттарға қойылатын жалпы техникалық талаптар.
4. Октоген мен гексогеннің қасиеттері.
5. Тротил және оның халық шаруашылығында қолданылуы.
6. нитроглицериннің қасиеттері және детонацияға қабілеті.
7. Тэн, оның қасиеттері және адам ағзасына әсері.

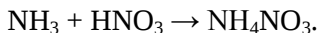
V

АММИАК СЕЛИТРАСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЗ

Аммиак селитрасы негізіндегі ЖЗ ең кең тараған өнеркәсіптік ЖЗ болып табылады. Бұл селитраның бастапқы шикізат материалы ретінде қолжетімділігімен, оны дайындаудың өндірістік базасының кеңдігі, арзандылығы, сонымен қатар оның негізіндегі қоспаларды өңдеудің қауіпсіздігімен түсіндіріледі. Жарылғыш қоспаларда аммиак селитрасы тотықтырғыш рөлін атқарады, ал жанғыш зат әртүрлі органикалық қосылыстар болуы мүмкін, соның ішінде тротил, динитронафталин секілді, сонымен қатар алюминийдің металдық ұнтақтары – теріс оттекті балансқа ие жарылғыш заттар.

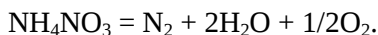
5.1. Аммиак селитрасы және оның қасиеттері

Аммиак селитрасы – ақ кристалдық зат, аммиакты азот қышқылымен әрекеттестіру арқылы алынады:



Түйіршік, қабыршақ немесе кристалл түрінде кездеседі. Аммиак селитрасы бұрын нашар сезгіш ЖЗ ретінде таза күйінде көптеген жарылыстарда қолданылды; селитраның жарылғыш айналуының жылулығы – 1600 кДж/кг, қорғасын бомбасында жұмысқа қабілеттілігі – 165 – 230 см³. Түзілу жылуы – 355 кДж/моль, молекулалық массасы – 80.

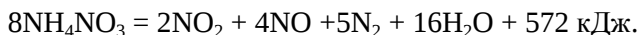
Жарылыс кезінде селитраның ыдырауы келесі теңдеу бойынша өтеді:



Иницирлеу жеткіліксіз болған жағдайда, сонымен бірге жылулық жарылыс кезінде жылулық эффектсі төмен реакция бойынша және азоттың улы тотықтарын бөле отырып, басқаша ыдырайды:



немесе



Осымен, сондай-ақ аммиак селитрасы негізіндегі ЖЗ-ның толық жарылмауы кезінде азот тотықтарының бөлінуі түсіндіріледі.

Аммиак селитрасы температураға байланысты бірнеше модификацияда болады (11-кесте).

Соңғы уақытта аммоний нитратының тағы төрт модификациясы белгілі болды. VI, VIII және IX модификациялар жоғары қысымда (86 – 270 МПа), VII модификация 170°C температурада кездеседі. А.Е. Никифоров модификациялық ауысуларды тереңірек зерттеген.

Ауысулар қайтымды және поликристалдық үлгілерде құрылымның жұмсаруымен өтеді. Ерекшелік III модификацияда. II және IV модификацияларға тікелей ауысуға үлкен термодинамикалық өткел кедергі келтіреді, әсіресе құрғақ затта. Қайта кристалдандыру салдарынан дымқылдау ауысуларды жеңілдетеді. Белгілі бір жағдайларда II модификациядан IV модификацияға тікелей ауысу мүмкін.

Циклдік қыздыру кезінде зарядтың жұмсаруы артады. IV модификациядан III модификацияға ауысу көлемнің ұлғаюымен бірге өтеді, А.Е. Никифоровтың мәліметтері бойынша, 0,0240 см³/г-ға (4,14%), V модификациядан IV модификацияға сәйкесінше 0,016 – 0,018 см³/г-ға немесе 3%-ға дейін орын алады.

Аммиак селитрасының модификациялық түрлері

Модификация	Әртүрлі модификация үшін температура-ның өзгеру диапазоны, °С	Симметрия түрі	Кристалдық тор параметрлері, 10^{-10} м			Кристалдық тор көлемі, 10^{-10} м ³	Ауысу жылулығы, кДж/кг	Көлемнің өзгеруі, %	Тығыздығы, г/см
			a	b	c				
I	169,6 – 125,2	Куб-тық	4,40	4,40	4,40	85,2	70,13	-2,13	1,55
II	125,2 – 84,2	Тетрагональді	5,75	5,75	4,95	163,7	51,25	-1,33	1,6
III	84,2 – 32,3	Ромбальк-моноклинді	7,06	7,66	5,80	313,7	17,46	+0,8	1,68
IV	32,3 – (-17)	Ромбальк-бипирамидалы	5,75	5,45	4,96	155,4	20,9	-3,3	1,70
V	(-17) – (-50)	Тетрагональді	8,03	8,03	9,83	633,8	6,7	+1,65	1,72

Температуралық өзгерістер кезінде полиморфты ауысулар салдарынан селитра салмағында (қоспалы ЖЗ) кернеу пайда болады, ол ұнтақ тәрізді бөлшектердің тұтасуына (нығыздалу, бірігу) немесе жұмсаруына және қалыптасқан зарядтардың көбеюіне әкелуі мүмкін. Төмен ылғалдылық (0,1%-дан төмен) өте қауіпті IV модификациядан III модификацияға ауысуды тежейді, физикалық тұрақтандыру тәсілдерінің бірі кептіру (өндірістік жағдайларда) немесе су сіңіргіш қоспалар енгізу болып табылады. II модификациядан IV-ке метастабильді ауысулар болуы мүмкін немесе, тіпті осы қоспаларды қосу арқылы II модифика-

циядан V-ке ауысу, сонымен қатар температураның кең диапозонында ($\pm 60^\circ$) бір модификацияның тұрақтандырылуы, мысалы, азот қышқылды калийді қосу арқылы (KNO_3) жүзеге асырылады.

Аммиак селитрасы құймасының кристалдануы барысында түзілген оның түйіршіктері капиллярлы-кеуекті дене болып табылады.

Аммиак селитрасының гигроскопиялық нүктелері (Γ) әртүрлі температурада келесі мәндерге ие (салыстырмалы ылғалдық пайызында):

$t, ^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30	40	50
$\Gamma, \%$	75,3	69,8	66,9	62,7	59,4	52,5	48,4

Аммиак селитрасының балқымасына ерігіш бейорганикалық тұздарды қосу гигроскопиялық нүкте мәнін азайтады. 1,2% магний нитратын қосу гигроскопиялық нүктені 25°C кезінде 57,3%-ға дейін төмендетеді.

Бөлшектерінің формасы мен өлшеміне байланысты аммиак селитрасының себілмелі тығыздығы $0,8-0,9 \text{ г/см}^3$ шамасын құрайды. Температураның жиі және күрт айырмасы жағдайында сақтау процесі кезінде оның көлемінің айтарлықтай артқаны байқалады, әсіресе жоғары ылғалдылық кезінде. Құрғақ аммиак селитрасы тіпті температураның кенет ауытқуларында да өзінің бастапқы көлемін сақтап қалады.

Селитраның ыдырауына әртүрлі қосындылардың әсері түрліше: хлоридтер, хроматтар және кобальт қосылыстары катализаторлық әсер етеді, карбамид және сульфаттар ингибирлеуші әсер көрсетеді, металл нитраттары, алюминий тотығы, кремний екі тотығы әсер етпейді.

Түйіршікті селитраның өнеркәсіптік сұрыпына қосылатын аммоний сульфаты қосындысы селитраның термиялық ыдырау жылдамдығын 1,5 есе төмендетеді, ал доломит және фосфат қосындылары жылдамдықты 2-3 есе арттырады. Майлы қышқылдардың металдық тұздары бар ЖВК маркалы суға төзімді селитра термиялық тұрақтылығы бойынша кристалдық селитрадан әлсіз.

Селитраға аммиак бөле ыдырайтын заттарды (мысалы, карбамид немесе ацетамид) қосу ыдырау процесін тежейді. Селитраның термоыдырауына хлорид қосындыларының да әсері анықталған.

Көмірсу, крахмал, сахарид, глюкоза секілді органикалық қосылыстар, сонымен қатар целлюлозадан жасалған материалдар көбінесе аммиак селитрасын тығындау үшін қолданылатын қағаз, картон, ағаш селитраның термиялық тұрақтылығын төмендетеді. Селитраны тығындау үшін қолданылатын целлюлозалық материалдардың ішіндегі тиімдісі – қалың қағаз.

Күкірт және күкіртті қосылыстар, сульфидтер, азот қышқылы және азот тотығы, күкірт және фосфор қышқылы, көптеген металдар, әсіресе жұқа дисперсті ұнтақ түрінде (цинк, мыс және құймалары, кадмий, никель, магний, висмут) және кейбір қосылыстар, соның ішінде мыс, марганец, хром тұздары селитрамен оңай әрекеттеседі. Әсіресе селитрада нитритті тұздардың болуы қауіпті.

Алюминий, темір және олардың тотығы мен тұздары селитрамен әрекеттеспейді және оның термиялық тұрақтылығын төмендетпейді.

Белгілі бір жағдайларда селитраның үлкен массасын сақтау кезінде өздігінен жану болып, ол жарылысқа айналуы мүмкін.

Жанудың жарылысқа айналуына сыйымдылықтың тұйықтануы әсер етеді, бұл кезде жану өнімдерінің жойылуы қиын және газ қысымы артады. Сондықтан кемеңіздің қозғалтқыш тұратын және жүк қоятын астыңғы бөлімінде, тұтастай металдан жасалған вагондарда, темір контейнерлерінде селитраның тұтануы өте қауіпті. Термиялық ыдырау нәтижесінде жану және өздігінен қызу өнімнің үлкен массасында интенсивтенеді. Селитраның үлкен массасы жану кезінде қызады және жалын зонасына балқыған заттар лақтырылады. Жану ошағынан алыс зат қабаттары қатты сәулелену салдарынан қызады.

Селитраның өрт және жарылыстық қасиеттері оның құрамында органикалық қосындылар болған кезде, сонымен қатар жанғыш материалдармен тығындау кезінде өседі.

Ашық от көзінен, ұшқыннан, күшті электр зарядтарынан, кейбір оңай тотығатын және агрессиялық материалдармен әрекеттесу нәтижесінде селитраның тұтануы мүмкін. Жану кезінде

селитра балқиды және ғимарат еденіне жайылады әрі балқыған селитраның жарылысқа әкелу қаупі кристалдық селитраға қарағанда жоғары.

ЖВК маркалы суға төзімді аммиак селитрасында гидрофобты қосымшалардың болуы (0,4%-ға дейін) қарапайым түріне қарағанда оның өртке қауіпті қасиетін айтарлықтай арттырмайды. Өте үлкен және қарқынды тұтану ошақтарында жылулық жарылыс, жоғары концентрациялы селитра ерітіндісі және балқыма-сымен толтырылған құбыр бойымен таралуға қабілетті детонацияға өтуі мүмкін. Ыдыраудың детонациялық режимі өнеркәсіптік құрылыстар мен ғимараттарды қиратумен сипатталады.

Ең аз иницирлеуші импульс және критикалық диаметрмен анықталатын детонациялық импульске (соққы-толқынды сезімталдық) селитраның сезімталдығы ылғалдылыққа, түйіршіктер өлшеміне және тығыздыққа тәуелді. Құрғақ жұқа ұнтақталған селитра детонациясы $0,8 \text{ г/см}^3$ тығыздық кезінде, А.Ф. Беляев мәліметтері бойынша, диаметрі шамамен 100 мм болатын ашық зарядтарда тұрақты таралады.

Ылғалдылығы 1% және бөлшектерінің өлшемі 1 мм селитра детонациясы диаметрі 300 мм болатын ашық зарядта тоқтап қалады. Аммиак селитрасы 3%-дық ылғалдылықпен диаметрі үлкен зарядтарда да жарылмайды.

Жарылысқа сезімталдығы жергілікті еріту және кейін селитраны қайта кристалдау нәтижесінде артады, бұл кеуектіліктің өсуіне әкеледі. Ұзақ сақтау кезінде селитра көлемінің айтарлықтай артуы (4%-ға) мүмкін.

Жарылысқа сезімталдығын калий нитратының бірнеше пайызын қосу арқылы төмендетуге болады. Бұл қосымша 32-100°C температура интервалында IV модификацияны тұрақтандырады және селитраның кеуектілігін азайтады.

5.2. Өндірістік ЖЗ құрамындағы металл жанғыштар

Өндірістік жарылғыш заттардың энергиясын жоғарылатудың кең тараған жолы – олардың құрамына алюминий қосу. Бірақ баққа да экономикалық тиімді және жоғары мөлшерде жылу бе-

ретін металдар мен олардың қосылыстарын да пайдалануға болады. Тротилді металдық және басқа да жанғыш заттармен энергетикалық сипаттамаларын өсірудің селитра мен жанғыштың стехиометриялық қоспасы үшін есептік мәндері 12-кестеде көрсетілген.

12-кесте

**Жанғыш заттармен селитраның және жанғыштың
стехиометриялық қоспасы үшін энергетикалық сипаттамаларын
өсірудің есептік мәндері**

Жанғыш қосымша	Салыстырмалы молекулалық массасы	Тотықтың формуласы	Тотықтың түзілу жылуы, кДж/моль	Құрамның жарылыс жылуын жоғарылату, 1 г жанғышқа, кДж/моль
Алюминий	27	Al_2O_3	1670	31
Кремний	28	SiO_2	860	31
Магний	24	MgO	600	25
Фосфор	31	P_2O_5	1540	24,7
Кальций	40	CaO	630	16
Марганец	55	MnO_2	520	9,4
Темір	56	Fe_2O_3	820	7,4

Кремний, ферросилиций және силикокальций құрамды метал ұнтақтары практикалық қызығушылық тудырады. Кестеде келтірілген барлық металдардың жылу беру қабілеті алюминийден төмен екенін көруге болады, дегенмен кремниймен жарылыс жылуын жоғарылатуға болады.

Ферросилиций және силикокальций ұнтақтарының бөлшектері өте қатты болғандықтан, құрамдардың сезімталдығы жоғары және ол кремний мөлшерінің жоғарылауымен өседі. Су толтыру арқылы механикалық әсерге сезімталдықты төмендетуге болады. Химиялық тұрақтылығы бойынша құрамында ферросилиций және силикокальций бар су құрамды композиттер алюминийлі құрамдардан кем түспейді.

Сонымен, су құрамды ЖЗ-да алюминийді құрамның жоғары көлемдік энергиясын қамтамасыз ететін экономикалық қолжетімді және арзан жанғыш компоненттермен алмастыру ЖЗ-ның құнын 10-20%-ға төмендетуге мүмкіндік береді.

5.3. Қарапайым түйіршікті жарылғыш заттар

Аммиак селитрасы негізіндегі қарапайым ЖЗ-ға түйіршіктелген селитраның сұйық немесе оңай балқитын мұнай өнімдері мен қоспалары жатады. Бұл ЖЗ-ның қарапайым деп аталу себебі құрамында нитроқосылыстар болмайды.

Қарапайым ЖЗ-ны АС – ДТ (аммиак селитрасы – дизель отыны) деп белгілейді. Олардың жеке атаулары да бар: игданит, гранулит, аустенит, нилит, динамон және т.б. Олар бір-бірінен селитраның сұрыпы және сұйық отынның түрі бойынша ерекшеленеді. Кейбірінің құрамына сұйық отыннан басқа металдық ұнтақтар кіреді.

Түйіршіктелген аммиак селитрасы мен сұйық мұнай өнімдерінің қоспасы 1955 жылы АҚШ пен Канадада ашық тау қопару жұмыстарында қолданыла бастады. Механикалық әсерлерге сезімталдығы төмен болғандықтан, АС – ДТ жұмыс жасау барысында анағұрлым қауіпсіз. Жұқа дисперсті динамондармен салыстырғанда себілмелілігі жақсы және аз нығыздалады.

Мұндай қоспаларды дайындау технологиясы қарапайым. Ол қатты және сұйық фазаларды қарапайым механикалық араластырудан тұрады. Ол үшін стационарлы жағдайда да және жылжымалы зарядты-араластыру агрегаттары үшін де қарапайым қалақшалы араластырғыштар қолданылады. Осы артықшылығына байланысты АС – ДТ қолданылу орнында дайындалады және механикалық зарядтау жүзеге асырылады.

Бастапқы компоненттер құнының төмен болуына және өндірістік шығындардың аз жұмсалыуына байланысты тау жыныстарын қопару жұмыстарында қолданылатын тиімді өндірістік ЖЗ болып табылады.

АС – ДТ қоспасы ашық және жерасты тау жұмыстарында қолданылады.

АС – ДТ қоспалы ЖЗ-ның кемшіліктері:

- суға тұрақсыз, судың әсерінен ылғалдылықтың мөлшері 5%-дан жоғары болғанда детонациялық қабілеттілігін жояды, сондықтан сулы түптерде оларды қолдануға болмайды;
- қоспаның физикалық тұрақтылығы жеткіліксіз. Ұңғымалы зарядтар биік болған жағдайда сұйық фаза зарядтың төменгі қабаттарына ағып кетеді;
- берік және ерекше берік тау жыныстарын жару немесе қопару кезінде бұл жарылғыш заттардың детонациялық көрсеткіштері айтарлықтай жоғары емес.

5.4. Ұнтақ тәріздес ЖЗ

Аммиак селитралы ұнтақ тәріздес жарылғыш қоспалардың негізгі ерекшеліктері олардың ұсақ дисперсті болуында, нәтижесінде түйіршікті ЖЗ-мен салыстырғанда құрам бойынша компоненттердің таралуы біркелкі болады. Мұндай құрылым детонациялық қабілеттіліктің жоғары болуына септігін тигізеді, оны зарядтың критикалық және шекті диаметрлерінің аз мәнінен көруге болады. Граммониттер мен граммоналдармен салыстырғанда аммониттер мен аммоналдардың критикалық диаметрі бір ретке аз болып келеді. Олардың детонациялық импульске сезімталдығы анағұрлым жоғары, тұрақты детонация біріншілік иницирлеуші құралдардан (капсюль-детонаторлар) және детонирлеуші шнурдан қоздырылады. Түйіршікті жарылғыш заттармен салыстырғанда механикалық әсерлерге сезімталдығы жоғары.

Аммиак селитрасы негізіндегі ұнтақ тәріздес ЖЗ-ның детонациялық қабілеттілігі олардың химиялық құрамынан, бөлшектердің өлшемінен, ылғалдылықтан, кеуектіліктен және зарядтағы ЖЗ тығыздығынан тәуелді. Анағұрлым кең тараған түрі – аммиак селитрасының тротилмен қоспасы (аммонит), басқа нитроқосылыстармен, мысалы, динитронафталинмен қоспасы сирегірек

кездеседі. Кейде аммониттер мен аммоналдардың құрамына тротилді үнемдеу үшін ішінара алмастыру мақсатында және нығыздалуды болдырмау үшін кеуектендіретін қосымша ретінде жанғыш материалдар (ағаш ұны, торфты ұн, дәнді дақылдар ұны) қосылады.

Қолдану шарты қажет еткен жағдайда, детонациялық қабілеттілікті арттыру мақсатында ЖЗ құрамына сенсibilизаторлар (гексоген, тэн, нитроглицерин) қосады.

Механикалық тасымалдау және зарядтау үшін шаңдану, нығыздалу және механикалық әсерге сезімтал болуы салдарынан ұнтақ тәріздес ЖЗ-ның жарамдылығы төмен.

Ұнтақ тәріздес ЖЗ құрамында гидрофобты қосымшасы бар болса да, сулы ұңғымаларды зарядтау үшін жарамсыз.

Бақылау сұрақтары:

1. Аммиак селитрасы және оның қасиеттері.
2. Аммиак селитрасының модификациялық түрлері және оған температураның әсері.
3. Жарылыс кезінде селитраның ыдырау реакциялары.
4. ЖЗ құрамындағы металл жанғыштардың рөлі.
5. Аммиак селитрасы мен дизель отынынан тұратын ЖЗ сипаттамасы.
6. Ұнтақ тәріздес жарылғыш заттардың сипаттамасы.

VI

ӨНЕРКӘСІПТІК ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ ЭКОЛОГИЯСЫ

6.1. Өнеркәсіптік жарылғыш заттар мен олардың компоненттерінің улылығы

Аммиак-селитралы ЖЗ. ӨЖЗ арасында аммиак-селитралы ЖЗ (АСЖЗ) ең кең қолданысқа ие. АСЖЗ-ның құрамын анализдеу көрсетіп отырғандай, олардың барлық компоненттері адамға улы әсерін тигізеді. Түрлі улы ЖЗ-лардың механикалық қоспалары болып табылатын аммиак-селитралы ЖЗ-лардың өздері улы. Олармен жұмыс істеген кезде тыныс алу органдарын, шырышты қабаттар мен теріні тозаңынан қорғау керек.

АСЖЗ-лардың шамамен барлығының құрамында кездесетін негізгі компонент – бұл аммиакты селитра. Ол аммиак пен азот қышқылын өзара әрекеттестіру арқылы алынады.

Аммиакты селитраның улы әсері аммиактың әсеріне ұқсас. Аммиакты селитрамен уланудың белгілеріне көз бен жоғарғы тыныс алу жолдарының шырышты қабаттарының тітіркенуі жатады. Оған қоса онымен ұзақ уақыт жұмыс істеп жүрген адамдарда созылмалы гастрит, холецистит және гепатохолецистит туындайды. Ол теріні тітіркендіреді, мұны терінің қатты қышуынан, фолликулдардың қызаруынан, терінің теміреткі тәрізді қалыңдауынан және қол білезігінің сырты мен білектің қызаруынан байқауға болады. Ұсақ жараларға не сызаттарға тиген жағдайда күйдіріп ауыртады.

Калий, натрий, кальций нитраттары (калий, натрий, кальций селитралары). Олармен қорғаныс құралдарын қолданусыз

үздіксіз түрде жұмыс істейтін қызметкерлердің терісі саусақпен басқан кезде ауырады, мұндай ауырсынулар жұмысты тоқтатқанның өзінде ұзақ уақыттан кейін қатерлі ісікке айналуы мүмкін. Нитраттардың ағзада нитриттерге айналу қабілеті көп жағдайда метгемоглобиннің туындауына әкеп соқтырады. Құрамында 50 – 160 мг/л нитраттары бар суды тамаққа пайдаланған жағдайда қандағы метгемоглобиннің мөлшері күрт өсіп кетеді. Осыған орай, мұндай заттармен жұмыс істеген кезде тыныс алу органдары мен теріні қорғап отыру керек.

Тротил адам ағзасына тозақ мен бу түрінде тыныс алу органдары, тері және аскорыту жолы арқылы енуі мүмкін, бұл жағдайда ол жіті және созылмалы улануларды тудырады. Ол бауырға, қанға, жүйке жүйесіне әсерін тигізеді. Ұзақ уақыт әсер еткен жағдайда кәсіби катаракта пайда болады. Тротил адам ағзасына оқшаулы түрде әсер еткен жағдайда жоғарғы тыныс алу жолдарының шырышты қабаттары тітіркенеді. Тротил экзема, эритемит пен дерматиттерді тудырып отыруы мүмкін. Сондықтан тротилдің терінің ашық жерлеріне, көзге, шырышты қабаттарға, тыныс алу және аскорыту органдарына түсуіне жол бермеу қажет, ол үшін салалық нормаларға сәйкес арнайы киім киіп және дербес қорғаныс құралдарын қолданып, сондай-ақ жеке гигиена ережелерін ұстану керек. ЖЗ-ның тозаңы көзге не теріге тиген жағдайда оны көп мөлшердегі сумен жуып тастау керек. Тыныс алу жолдары тітіркенген жағдайда тамақты ас содасының 2-3% ерітіндісімен шаю ұсынылады.

Тротил адам ағзасына тигізетін зиянды әсерінің дәрежесі бойынша екінші класқа (қауіптілігі жоғары зат) жатады. Жұмыс аумағының ауасындағы тротил тозаңының шекті рұқсат етілген концентрациясы (ШРК) $0,5 \text{ мг/м}^3$ құрайды.

Алюминий ұнтақ тәрізді, түйіршіктелген ЖЗ-лардың құрамына ұсақ түйіршікті ұнтақ түрінде қосылады. Ол адам ағзасына ЖЗ-ны өндіру кезінде не оны қолдану кезінде, яғни ЖЗ жарылған кезде детонация толық болмаған жағдайда өзге жарылу өнімдерімен бірге түсуі мүмкін.

Алюминий ұнтағының адам ағзасына тигізетін әсерінің жалпы сипаты мынадай: бір жағынан, өкпе ұлпасын механикалық тітіркендіріп, ал, екінші жағынан, ақуыздардың шөгіп және қабыну белгілерінсіз талшықты субстанциялар түріндегі қайтымсыз ақуызды қосылыстар пайда болады.

Алюминийдің тозаңын ішке тартып тыныс алған жағдайда, негізінен, өкпе зақымдалады. Ауру өкпе алюминозы деп аталады. Алюминий бөлшектері көзге тиген кезде қасаң қабық пен көзбұршақ капсуласының ошақты жансыздануы, пигментациясының өзгеруі, шыны тәріздес дененің көмескіленуі байқалады. Алюминий тозаңы көз, мұрын, ауыздың шырышты қабатын және т.б. тітіркендіреді. Жұмыс аймағының ауасындағы алюминий мен оның қорытпаларының ШРК-сы – 2 мг/л.

Гексогенмен жұмыс істеген кезде оның тозаңының тері қабаттарына, шырышты қабаттарға түсуіне және оның тыныс алу мен асқорыту органдарына енуінен қорғайтын жеке қорғаныс құралдарын (респиратор, арнайы киім) қолдануды, сондай-ақ жеке гигиена ережелерін ұстануды қажет етеді. Өндірістік үй-жайлардағы гексогеннің тозаңы мен аэрозольдерінің ШРК-сы – 1 мг/м³, суда – 0,1 мг/л.

ӨЖЗ ретінде флегматталған гексоген (құрамы А-IX-1) және флегматталған гексогеннің алюминий опасымен механикалық қоспасы (құрамы А-IX-2) қолданылады. Бұл құрамдардың улылығы кіретін компоненттердің улылығымен негізделген.

Целлюлозаның нитраттары да улы болып келеді. Күннің сәулесі мен ультракүлгін сәулелер целлюлоза нитраттарына ұзақ уақыт әсер еткен жағдайда, әсіресе ылғал араласқан жағдайда оларды ыдыратады. Тіпті кәдімгі температура кезінде (15...20°C) целлюлоза нитраттары баяу ыдырап отырады. Бұл жағдайда азот оксиді NO бөлінеді, ол ауада азот диоксидіне NO₂ айналып тотығады, ал кейінгісі ылғал атмосферада сумен қосылумен азот және азотты қышқылдарын түзеді. Өндірістік үй-жайлардың жұмыс аймағындағы азот оксидтерінің ШРК-сы – 5 мг/м³, елді мекендердің атмосфералық ауасындағы ең жоғары біржолғы ШРК-сы – 0,3 мг/м³, орташа тәуліктік ШРК – 0,1 мг/м³.

Өңделген қару-жарақтардан алынған өнеркәсіптік ЖЗ-лар. Ұңғымаларды *тротил-У* затымен зарядтаған кезде одан адам ағзасы үшін қауіпті және жарылу қаупі бар тринитротолуол тозаңы бөлінеді. Оның жұмыс аймағының ауасындағы ШРК-сы – $0,5 \text{ мг/м}^3$; аэрозольдің жарылу қаупі бар концентрациясының төменгі шегі – 12 г/м^3 ; шаң-ауа қоспасының ең аз қуаты – $2,9 \text{ мДж}$.

Гранипорлармен жұмыс істеген кезде ауаға жұмыс істеушілердің денсаулығына қауіпті тозаң бөлініп отыруы мүмкін. Ауадағы тозаңның ШРК-сы $0,1 \text{ мг/м}^3$, ал ең төмен тұтану энергиясы (ТТЭ) 1 Дж-ды құрайды.

Диабазит жарылу қаупі бар және улы зат болып табылады. Бет пен қол терісіне тиген кезде ол бас ауруын тудырады. Сол себептен жұмыстарды жүргізу кезінде респираторлар мен қолғаптарды киіп алу керек. Ауадағы ШРК-сы – $0,02 \text{ мг/м}^3$.

ӨЖЗ-ның құрамына енуі мүмкін жекелеген заттардың атмосферадағы шекті жарамды концентрациялары, кг/м^3 , төмендегідей (біржолғы/орташа тәуліктік максимум):

Қатқыл бөлшектер (тозаң)	0,5/0,15
Күйе	0,15/0,05
Көмірсутегілер	0,03/0,005
Хлорлы натрий	-/0,15
Мақта тозаңы	0,5/0,05
Аммоний перхлораты.....	1,0/-
Октоген (гексоген)	1,0/-
Алюминий (тозаң)	2,0/-

Қоғамдық және тұрмыстық қолдануға арналған су көздеріндегі кейбір заттардың шекті жарамды концентрациялары, мг/л :

Аммиакты селитра.....	2,0
Лигнин	1,6
нитраттардың иондары	10,0
нитраттардың иондары	1,0
Хлорлы натрий	350
Аммоний перхлораты.....	5,0
Октоген (гексоген)	0,1

6.2. Өнеркәсіптік жарылғыш заттарды қауіпсіз қолданудың шарттары

ЖЗ-ларды тау-кен өнеркәсібі мен құрылыста арналуы бойынша және қауіпсіз қолдану жағдайлары бойынша жіктемеу аса маңызды болып табылады.

Бұл тұрғыда физикалық күйі мен құрамы бойынша әртүрлі болып келетін ЖЗ-лар сол не өзге жағдайлардағы жару жұмыстарына арнап қолдану мүмкіндігі бойынша жеті класқа (I – VII және арнайы класс) бөлінеді.

Осы жіктемеге сәйкес, ЖЗ-лар оларды қолдану жағдайлары бойынша сақтандырғыш емес, сақтандырғыш және арнайы (арнайы мақсаттағы) деп бөлінеді.

Сақтандырғыш емес ЖЗ-лар тек жер үстінде және өздерінде жанғыш газдар мен тозаң бөлінбейтін не болмаса түпке іргелес орналасқан кеңістікте онда жару жұмыстарын жүргізу кезіндегі жарылу қаупі бар ортаның тұтануына жол бермейтіндей етіп инерттендіру (мысалы, инертті газбен толтыру) қолданылатын жерасты кеніштерінің түптерінде қолданылады (I, II кластар).

Сақтандырғыш ЖЗ-лар шаң-газ режимді шахталар мен жерасты кеніштерінде жару жұмыстарын жүргізу үшін қолданылады (III – VII кластар).

Арнайы мақсаттағы жарғыш заттар (C арнайы класы) мен олардан жасалған бұйымдар өздерінде метан мен көміртозаңының жарылу қаупі бар концентрациясы пайда болуы мүмкін жерасты кеніштерінің түптерінен басқа жерлерде қолданылады.

I класты өнеркәсіптік ЖЗ-лар ашық жұмыстар кезінде жердің бетіндегі жару жұмыстары үшін ғана қолданылады. Бұл класқа келесі, аса жиі қолданылатын сусымалы ӨЖЗ-лар жатады: гранулотол, аммонит 6ЖВ, аммонал М-10 және жартастық №3, детонит М, сондай-ақ құрамында су бар ЖЗ-лар – акватолдар, карбатолдар, акваналдар.

Жұмыстардың түріне қарай (кұрғақ және суланған ұңғымалар, шурфтар, траншеялар, шпурлар) ЖЗ-лар зарядтау кезінде механикаландырылған не қолмен зарядтауға арнап қаптарға не полиэтиленді қапшықтарға салынған ұнтақ түрінде, түйіршік-

телген түрінде не болмаса құрамында су бар ЖЗ-лармен құйып зарядтау үшін қою суспензия (сірне) түрінде болуы мүмкін.

Бұл кластағы өнеркәсіптік ЖЗ-лар зауытта не болмаса қолдану орындарына жақын орналасқан тұрғылықты және жылжымалы бекеттерде шығарылуы мүмкін.

II класты өнеркәсіптік ЖЗ-лар газ бен тозаңның жарылысы бойынша қауіпті болып табылмайтын ашық және жерасты жұмыстарында қолданылады. Бұл класс механикалық (пневматикалық) және қол әдістерімен зарядтауға арналған патрондалған ұнтақ тәрізді ЖЗ-лардан (аммонит 6ЖВ; аммоналдар: 200, М-10, жартасты №1, жартасты №3; детонит М), түйіршіктелген ЖЗ-лардан (граммонит 79/21; гранулиттер: АС-4, АС-4В, АС-8, АС-8В, М, АС-М, С-2; акванал АРЗ-8Н), сондай-ақ қаптарға салынған сусыма күйіндегі ұнтақ тәрізді ЖЗ-лардан (аммонит 6ЖВ) құралған.

II класты өнеркәсіптік ЖЗ-лар, әдетте, тазарту және өтпе жұмыстарында құрғақ және суланған ұңғымалар мен шпурлардағы жару жұмыстары үшін қолданылады. Сонымен қатар бұл класқа төмен түсетін шпурларды зарядтау үшін ыңғайлы сұйық консистенциялы суға толған ЖЗ-лар (акванал) жатады.

Газдың не тозаңның жарылу қаупі бар шахталардағы жару жұмыстарына арнап қауіпсіздік дәрежесі бойынша III – VII кластарды құрайтын сақтандырғыш ЖЗ-лар қолданылады. Сақтандырғыш ЖЗ-лардың әр класына өзіндік техникалық талаптар қойылады, олар шахтадағы атмосфераның химиялық құрамымен, өндірілетін пайдалы қазбалардың газдылығымен, газдың кенеттен лықсу ықтималдығымен, жару жұмыстарының сипатымен, кеніштердің тау-кен-геологиялық ерекшеліктерімен және жарылу қаупі бар жағдайлардың туындауына әсерін тигізетін өзге факторлармен белгіленеді. Бұл талаптардың орындалуы ЖЗ-ның тиісті рецептурасымен, зарядтың конструкциясымен және жасалу технологиясымен қамтамасыз етіледі. Мысалы, жалын сөндіргіш бөлшектерінің саны, химиялық табиғаты мен өлшемі, зарядтың тығыздығы мен өлшемі өзгеріп отыруы мүмкін.

Сақтандырғыш ЖЗ-лар көптеген өнеркәсіптік ЖЗ-лар сияқты қоспалы сусығыш материалдар болып табылады; олар диаметрі 32, 36, 38 мм қағаз не полиэтиленді қаптамаларға салып патрон-

далады. Сақтандырғыш ЖЗ-лар шпурларға салынады; зарядтау әдісі қолмен жүргізіледі.

III класты өнеркәсіптік ЖЗ-ларға АП-5ЖВ аммонит жатады; оның құрамында суға шыдамды аммиакты селитра, тротил және натрий хлориді бар, ол метан бөлінетін және жарылғыш тозаң болмайтын жерасты кеніштеріндегі түптердің жыныстарына арнап қолданылады.

IV класты өнеркәсіптік ЖЗ-ларды аммониттер құрайды: Т-19, ПЖВ-20, олардың құрамындағы жалын сөндіргіштің мөлшері АП-5ЖВ аммонитінің құрамындағы мөлшерден жоғары. Бұл ЖЗ-лар метан мен тозаңның жарылу қаупі бар құрғақ және сулы көмір және аралас түптердегі (ерекше қауіпті түптерге жатқызылғандарын санамағанда) шпурлық зарядтарға арнап, сондай-ақ көмір қаттарын жару арқылы аршу кезінде ұңғымалардағы зарядтарға арнап қолданылады.

V және VI класты өнеркәсіптік ЖЗ-лар соған сәйкес Э-6 және 12ЦБ углиниттерімен ұсынылған.

Э-6 углинитінің құрамына сұйық нитроэфирлермен сезімтал етілген аммоний хлориді мен натрий селитрасы кіреді. Э-6 углиниті жарылған кезде ультрадисперстік күйдегі натрий хлориді түзіледі. Қосымша жалын сөндіргіш ретінде оның құрамында аздаған мөлшерде калий хлориді болады.

12ЦБ углинитінің құрамында нитроэфирлермен сезімтал етілген карбамид пен натрий селитрасының қоспасы бар. 12ЦБ углиниті жарылған кезде көміртегі диоксиді (көмірқышқыл газ), су мен азот түзіледі. Углиниттің сақтандырғыш қасиеттерін күшейту үшін оның құрамына аздаған мөлшерде натрий хлориді қосылады. Желатин түзгіш ретінде карбоксиметилцеллюлозаның натрий тұзы (NaКМЦ) қолданылады.

VI класты сақтандырғыш ЖЗ-лар метан бойынша аса қауіпті және тозаң бойынша қауіпті шахталардың құрғақ және сулы түптеріндегі шпурлық зарядтарға арнап, сондай-ақ көмір мен метанның кенеттен лықсуы бойынша қауіпті қаттарды игеру кезінде қолданылады.

VI класты сақтандырғыш ЖЗ-лар аса қауіпті жағдайдағы (барлық категориядағы газ бойынша және тозаң бойынша қауіпті) көмір шахталарындағы жару жұмыстарына арналған.

VII класты өнеркәсіптік ЖЗ-ларға ионит жатады, ол натрий селитрасы, аммоний хлориді мен сенсбилизатордан құралған. Ионит жарылған кезде ультрадисперстік натрий хлориді түзіледі. Желатин түзгіш ретінде коллоидты мақта қолданылады.

Ионит көмір не тау жынысын үгіту үшін, ағаш тіректерді қирату кезінде, суды бұрку үшін, тау жынысының құлама көмір кеніштерінде ілініп тұрып қалуын жою үшін қолданылады.

V – VII класты сақтандырғыш ЖЗ-лар олардың құрамында нитроэфирлердің болуына орай механикалық әсер етулерге жоғары сезімталдығымен сипатталады, олардың аммониттермен салыстырғанда улылығы анағұрлым жоғары болып келеді, сол себептен олармен жұмыс істеген кезде сақтық қажет.

С арнайы класына сақтандырғыш емес және сақтандырғыш ЖЗ-лар мен олардан жасалған бұйымдар жатады, олар өздерінде метан мен көмір тозаңының жарылу қаупі бар концентрациясы түзілуі мүмкін жерасты кеніштерінің түптерінен басқа арнайы жару жұмыстарына арналған.

Бұл класқа мыналар жатады:

- аралық детонаторларға арналған тротил мен гексогеннен баспалап жасалған не болмаса тротилден және тротил мен гексогеннің қорытпасынан құйылған шашкалар;
- жыныстың ірі габаритті кесектерін үгітуге арналған кумулятивті жапсырма зарядтар (тротилден құйылған және нығыздалған);
- металдар мен өзге материалдарды жарумен өңдеу үшін. Оларға ұнтақ тәрізді зарядтар – аммониттер АТ, А-2 (дәнекерлеу мен қалыптау үшін); түйіршіктелген ДВП түтінді жарғыш оқ-дәрі (қалыптау үшін); баулы зарядтар – ШКЗ кумулятивті иілгіш (қалыңдығы 25 мм-ге дейінгі болат конструкцияларды ауада кесу үшін), ЭШ-1П иілгіш бау (кесу үшін); иілгіш – ГП-87К гексопласт (дәнекерлеу мен қалыптау үшін);
- ормандағы өрттерді оқшаулау кезінде қоршағыш жолақтарды құруға арналған зарядтар диаметрі 36-38 мм және ұзындығы 10 м-ге дейінгі ұнтақ тәрізді аммониттен жасалған ПЖВ-20 шлангілік зарядтар.

Келесі ЖЗ-ларды жекелеп бөліп кеткен дұрыс болады (олар: тротилдің гексогенмен қорытпасы – ТГ не тротилдің гексогенмен және алюминий опасымен қорытпасы – ТГА; құрамында гексогені бар құрамдар А-ІХ-1, А-ІХ-2; ТЭН; оқ-дәрі және т.б.), олар терең мұнай ұңғымаларын тесу және торпедомен ату кезіндегі ату-жару жұмыстарына арнап қолданылады. Мұндай ЖЗ-лармен перфораторлар (көп реттік және біржолғы әсері бар кумулятивті корпустық, кумулятивті корпуссыз, ірі калибрлі оқтық); бүйірлік атқыш топырақ тасығыштар; оқ-дәрі генераторлар мен қысым аккумуляторлары; торпедолар (ұңғымалық, фугастық, кумулятивті); жарғыш пакерлер тәрізді бұйымдарды зарядтайды.

Жіктемеде көрсетілмеген қолданылу салаларында, мысалы, мелиоративтік және су шаруашылық жұмыстары, сейсмикалық барлау сияқты салаларда жоғарыда келтірілген ЖЗ-лардың ішінен әртүрлі ЖЗ-лар қолданылады.

ЖЗ-ларды сақтау, қолдану және есепке алу Жару жұмыстары кезіндегі бірыңғай қауіпсіздік ережелерінің талаптарына сәйкес қамтамасыз етіліп отыруы тиіс.

Жарылғыш материалдармен жұмыс істеуге жарғыштың бірыңғай кітапшасы бар, тиісті жұмыс түрлерін жүргізу құқығына ие, нақты ЖЗ-ны қолдану жөніндегі нұсқаулықпен танысқан және тиісті нұсқауламадан өткен тұлғаларға рұқсат етіледі.

Өнеркәсіптік ЖЗ-лар сақталатын қоймалардағы ЖЗ-лармен механикаландырылған операциялар Мемлекеттік қадағалау органымен сол жарғыш материалдарға арнап рұқсат еткен механизмдерді қолданумен ғана жүргізіледі.

ӨЖЗ-лардың істен шыққан ұңғымалық зарядтарын жою шаралары жару жұмыстары кезіндегі бірыңғай қауіпсіздік ережелерінің талаптарына және істен шыққан зарядтардың алдын алу мен жою жөніндегі уақытша нұсқаулыққа сәйкес қамтамасыз етіледі. Бұл жағдайда ұңғымаларды істен шыққан зарядты жою үшін құрамында тротилі бар ЖЗ-мен зарядтау керек. Істен шыққан зарядтарды жою жұмыстарын жүргізу үшін кәсіпорында жұмыстың қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі арнайы шаралар әзірленеді.

ӨЖЗ-лар төбесі жабық көліктік құралдармен тиісті көлік түрлеріне арналған қолданыстағы қауіпті жүк тасымалдау ережелеріне сәйкес тасымалданады.

Теміржол көлігімен тасымалдау кезінде вагондап тасымалдау, ұсақ партиямен тасымалдау жүзеге асырылады; жылжымалы құрамның түрі – төбесі жабық вагон.

6.3. Жарылыс өнімдерінің улылығы

Оттектік баланс. ЖЗ-лардың басым көпшілігі көміртегі, сутегі, оттегі мен азоттан тұратын органикалық заттар болып табылады. Жарылыстың нәтижесінде тұрақты өнімдер, негізінен, әртүрлі қатынаста CO , CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 және C , өте аз мөлшерде CH_4 , NH_3 , C_2H_2 , C_2N_2 , HCN түзіледі.

Аталған жарылыс өнімдерінің болу-болмауы мен қатынасы ЖЗ-дағы оттегі мен элементтердің (C мен H) мөлшеріне байланысты, олар жарылыстың арқасында тотығып отырады. Осы тұрғыда ЖЗ-лар оттегі мөлшерімен заттардың үш тобына бөлінеді:

- жанғыш элементтердің тотығуы үшін жеткілікті болатын мөлшерде (мысалы, нитроглицерин);
- жанғыш элементтердің тотығуы үшін жеткіліксіз болатын, алайда олардың газдарға айналуы үшін жеткілікті болатын мөлшерде (мысалы, гексоген, тэн);
- жанғыш элементтердің газдарға айналуы үшін жеткіліксіз болатын (мысалы, тротил).

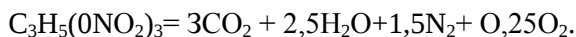
ЖЗ-ның жарылу өнімдерінің құрамы олардың оттекті балансымен белгіленеді.

Оттекті баланс деп заттағы оттегінің оның құрамындағы көміртегінің, сутегінің және жарылыс кезінде тотығатын өзге заттардың толықтай тотығуы үшін қажет болатын мөлшермен салыстырғанда артық болуы не жетіспеушілігі аталады. Осы белгі бойынша ЖЗ-лар оттекті балансы оң таңбалы, нөлдік және теріс таңбалы ЖЗ-лар деп бөлінеді.

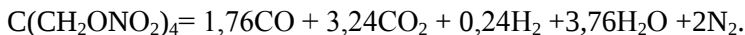
Мұндай топтарға бөлу шартты сипатқа ие, себебі бірінші топқа жататын ЖЗ-лар жарылған кезде аз мөлшерде толық емес тотығу өнімдері (СО мен Н₂) және еркін оттегі түзіледі, ал екінші топтағы жарылыс өнімдерінде еркін көміртегінің де біршама мөлшері болады. Сондай-ақ құрамында оттегі мүлде жоқ ЖЗ-лар да болады.

Оттектік балансы оң таңбалы не нөлдік ЖЗ-лардың ыдырау реакциясының теңдеуі. Жарылғыш заттың құрамында болатын көміртегі, оттегі, сутегі мен азоттың өзара әрекеттесуінің түрлі реакциялары орын алуы мүмкін. ЖЗ-лардың ыдырау реакциясының теңдеулерін теориялық есептеу кезінде жарылыстың жоғары температурасы жағдайында термодинамикалық тепе-теңдік орнап үлгереді деген болжау қабылданады. Оған қоса, тәжірибе көрсетіп отырғандай, оттекті балансы оң таңбалы мұндай жүйе үшін алғашқы жуықтауда белгілі ең көп жұмыс принципін ескеруге болады.

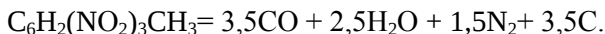
Демек, оттекті балансы оң таңбалы не нөлдік ЖЗ-лар жарылып өзгерген кезде алғашқы жуықтауда қарапайым ережені қабылдауға болады: барлық көміртегі СО₂-ға және сутегі Н₂О-ға айналумен тотығады, ал азот пен оттегінің артығы элемент күйінде. Осыған негізделе отырып, мысалы, нитроглицериннің жарылумен өзгеру реакциясын келесі түрде көрсетуге болады:



Оттектік балансы теріс таңбалы ЖЗ-лардың ыдырау реакциясының теңдеуі – оттегінің мөлшері көміртегінің газдарға айналуы үшін жеткілікті. Мұндай ЖЗ-лардың жарылу арқылы өзгеру реакцияларын жазу үшін келесі тәсіл қолданылады: ЖЗ молекулаларының құрамындағы оттегі алдымен сутегіні түгелдей суға және көміртегіні көміртегі оксидіне тотықтырады, ал артынша оттегінің қалған бөлігі түзілген көміртегі оксидімен реакцияға түседі деп саналады. Нәтижесінде ыдырау өнімдерінде СО₂, Н₂О және N₂ заттарымен қатар СО мен Н₂ пайда болады. Осы ережені қолданумен тәңнің жарылыстан өзгеру теңдеуін келесі түрде жазуға болады:



Оттектік балансы теріс таңбалы ЖЗ-лардың ыдырау реакциясының теңдеуі – оттегінің мөлшері көміртегінің түгелдей СО-ға айналуы үшін жеткіліксіз. Мұндай ЖЗ-лар үшін жарылыстан өзгеру реакциясының теңдеуі мынадай есеппен жазылады: яғни оттегі алдымен сутегіні суға тотықтырады, артынша оттегінің қалған бөлігі көміртегімен реакцияға түсіп, көміртегі оксидін түзеді, ал көміртегінің тотықпаған бөлігі еркін түрінде бөлінеді. Мысалы, тротил үшін жарылыстан өзгеру реакциясын келесі түрде көрсетуге болады:



6.4. Улы газдардың түзілу себептері

ӨЖЗ-ларды тәжірибелік қолдану кезінде оларды қолдану жағдайлары мен өзге факторларға байланысты жарылыс өнімдерінде басқа да заттар кездесіп отырады, мысалы азот оксидтері NO, NO₂, N₂O₃ және т.б.

Олардың басты түзілу себебіне оттекті балансның нөлдік баланстан ауытқуы жатады. ЖЗ оттекті балансы теріс таңбалы болған жағдайда жарылыс өнімдерінде көміртегі оксиді СО, оң таңбалы баланс кезінде азот оксиді NO көбірек түзіледі. Көміртегі оксидтерінің саны сондай-ақ зарядтардың жанғыш қабаттарының (парафин сіңірілген қағаз, кенеп, бекіткіш бау және т.б.) арқасында артады, олар тұтанып және жарылыс өнімдерімен әрекетке түсумен оттегінің жетіспеушілігінен оксид түзеді.

Улы газдардың пайда болуының екінші себебі жарылғыш өзгерулердің толық жүрмеуімен және реакциялардың аяқталмауымен байланысты. Бұл себеп әсіресе қоспалы ӨЖЗ-ларға тән. Олардың жарылу процесі екі сатыда жүріп отырады: компоненттердің бастапқы ыдырауы (олардың газдануы) және ыдырау өнімдерінің өзара әрекеттесуінің екіншілік реакциялары. Екіншілік реакциялардың толықтығы температураға және бастапқы

ыдырау өнімдерінің араласу жылдамдығына байланысты. Егер олар тез суып (мысалы, сыртқа тасталғанған жыныспен жанасудың, ауада жарылу кезіндегі жылдам кеңеюдің нәтижесінде) не болмаса араласуы кідіріп қалса (мысалы, ЖЗ компоненттерінің ірі, баяу ыдырайтын бөлшектеріне байланысты), онда жарылыс өнімдерінде бастапқы ыдыраудың улы газдары – азот, көміртегі оксидтері және т.б. сақталады. Екіншілік реакциялар толығымен аяқталған жағдайда (мысалы, массивте жарылыс өнімдерінің уақытынан бұрын кеңеюі мен суынуына жол бермейтіндей етіп жеткілікті және жақсы орнатылған зарядты жарған кезде) CO_2 көмірқышқыл газының диссоциациялануы мен азот тотығуының теңсалмақты реакцияларының нәтижесінде аздап болса да улы көміртегі оксиді мен азот оксидтері түзіледі.

Улы газдар жарылыс өнімдерінің айналадағы табиғатпен химиялық әрекетке түсуінің нәтижесінде туындап отыруы мүмкін, соның нәтижесінде (CO_2) көмірқышқыл газы улы (CO) көміртегі оксидіне дейін тотықсыздануы мүмкін. Құрамында күкірт бар массивтерді жару кезінде улы күкірт оксидтері мен күкіртсутек түзілуі мүмкін. Капсюль-детонаторлар мен электродетонаторлар олардың құрамындағы жарылысты иницирлеуші ЖЗ-ның құрамына қарай жарылыс кезінде сынаптың не қорғасынның буларын түзеді.

Көміртегі оксиді (иісті газ) құрамында көміртегі бар заттардың шала жануына жағдай бар жерлердің барлығында кездесіп отырады.

Жұмыс аймағының ауасындағы CO газының ШРК-сы – 20 мг/м^3 . 1 сағаттан аспайтын уақыт бойы жұмыс істеген жағдайда CO -ның рұқсат етілетін концентрациясы 50 мг/м^3 -ге дейін, 30 минут бойы 100 мг/м^3 -ге дейін, 15 минуттан аспайтын уақыт бойы жұмыс істеген жағдайда 200 мг/м^3 -ге дейін көбейтілуі мүмкін. Жоғары концентрациялар жағдайында қайталама жұмыстарды 2 сағаттан кейін ғана жүргізуге рұқсат етіледі. Ауада бір мезгілде CO мен азот оксидтері болған жағдайда біріншісінің жарамды концентрациясын 1,5 есе, ал екіншісін 3 есе азайту ұсынылады. CO -ның әсері H_2S болған жағдайда қосындыланып және тіпті күшейетіні анықталған, осыған орай, соған

сәйкес газдардың әрқайсысының ШРК-сын азайтып отыру, сондай-ақ СО-ның жоғары концентрациясы жағдайында қысқа мерзімді жұмыс істеудің жарамды мерзімін қысқарту ұсынылады. Елді мекендердің атмосфералық ауасындағы көміртегі оксидінің ШРК-сы: ең жоғары біржолғы 6 мг/м^3 , орташа тәуліктік $1,0 \text{ мг/м}^3$.

Азот оксиді қан үшін у болып табылады және орталық нерв жүйесіне тікелей әсерін тигізеді, жұмыс аймағының үй-жайларындағы азот оксидінің ШРК-сы – 30 мг/м^3 , ең жоғары біржолғы ШРК-сы – $0,3 \text{ мг/м}^3$ және елді мекендер ауасының атмосферасындағы орташа тәуліктік ШРК-сы – $0,1 \text{ мг/м}^3$.

Күкірт диоксиді тыныс алу жолдарын тітіркендіріп, қолқаның құрысуын тудырып, тыныс алу жолдарының кедергісін арттырады. Жұмыс аймағының бөлмелерінде SO_2 газының ШРК-сы 10 мг/м^3 , SO_3 үшін 1 мг/м^3 шамаларын құрайды.

Күкіртсутек H_2S – әсері күшті жүйкелік у, ол тыныс алудың тоқтауынан өлімге әкеп соқтырады. Жұмыс аймағының бөлмелеріндегі күкіртсутектің ШРК-сы – 10 мг/м^3 , көмірсутектермен қоспада – 3 мг/м^3 .

Жарылыс өнімдерінің құрамында, әдетте, бірнеше улы газдар мен булар болады. Сол себептен олардың улы әсерін келесі формула бойынша шартты көміртегі оксидіне қайта есептеу арқылы бағалау қабылданған:

$$X = X(\text{CO}) + 6,5X(\text{NO}_2) + 2,5X(\text{SO}_2) + 2,5X(\text{H}_2\text{S}),$$

мұндағы $X(\text{CO})$, $X(\text{NO}_2)$, $X(\text{SO}_2)$ және $X(\text{H}_2\text{S})$ – қоспадағы сәйкес газдардың мөлшері; 6,5 және 2,5 – тиісті газдардың СО-мен салыстырғандағы зияндылығын ескеретін коэффициенттер.

1 кг ЖЗ-ның жарылысы кезінде түзілетін улы газдардың есептік жолмен анықталған мөлшері түрлі факторлардың елеулі әсер етуінің салдарынан әрдайым ақиқатқа сай бола бермейді. Сол себептен өнеркәсіптік ЖЗ-ның басым көпшілігіне арнап олар тәжірибелік түрде анықталған (12-кесте).

6ЖВ аммонитінің (оттекті балансы +0,3%) жарылыс өнімдерінің улылығы туралы тәжірибелік мәліметтерден (13-кесте),

олардың улылығы жарылыс жағдайларына қарай 5-6 есе өзгеріп отыратынын көруге болады.

Жаппай жарылыстарды орындау кезінде құрамында белгілі бір мөлшерде улы газдар бар шаң-газды бұлт пайда болады. Ұзақ қашықтықтарға тараумен мұндай бұлт қоршаған орта мен адамға үлкен зиянын тигізеді. Мысалы, бұлттағы азот диоксиді NO_2 атмосфералық ылғалмен әрекетке түсумен азотты және азот қышқылдарын түзеді, олар тамшы түрінде жердің бетіне жауады (қышқыл жаңбыр).

13-кесте

**БЖВ аммонитінің зарядтары жарылған кездегі
улы газдардың құрамы**

Жару жағдайлары	Газдардың мөлшері, л/кг		
	Көміртегі оксиді	Азот оксиді	СО-ға қайта есептегендегі жиынтық мөлшері
Заряд ауада бос етіп ілінген	33-35	20,5-22,8	167-189
Шпурда жару:			
Көмусіз	34-35	2,8-3,3	50-52
20 см топыраққа көмумен	32-41,5	1,1-2,0	45-50
Тура сол суда	11,7-18,5	1,8-3,2	30-32

Жердің бетіндегі жаппай жарулар кезіндегі улы газдардың әсері бойынша қауіпсіз арақашықтықты «Союзвзрывпром» трестінің мәліметтеріне сәйкес, келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$r_{ГА} = 160 \sqrt[3]{Q}(1 + 0,5v_{ж}),$$

мұндағы $r_{ГА}$ – өзінде жел бағыты бойынша улы газдардың мөлшері (шартты көміртегі оксидіне қайта есептелгенде) ШРК-дан асатын қауіпті аймақтың радиусы, м; Q – ЖЗ-ның зарядпен алғандағы жалпы салмағы, кг; $v_{ж}$ – желдің жылдамдығы, м/с.

Зарядтарды кеніштердің жерасты кендерінде жаппай жерасты жару кезіндегі улы газдардың әсері бойынша қауіпсіз арақашықтық:

$$r_{ГК} = n(V_0 - V_6)/S,$$

мұндағы $r_{ГК}$ – қауіпті аймақтың тазарту блогына ауа ағымының келіп түсу бағыты бойынша қашықтығы (желдетудің әсерін ескерусіз), м; n – бір бағыттағы газдалған кендердің осындай кендердің жалпы көлеміне қатысты үлесін ескеретін коэффициент; V_0 – келіп түсіп отырған ауа ағымы жағынан газдалған кендердің жалпы көлемі, м³; V_6 – өзінде жарылыс орындалған блок деңгей жиегі кендерінің еркін көлемі, м³; S – өзі арқылы газдар қозғалатын кендер қимасының орташа өлшенген ауданы, м².

Улы газдардың мөлшері мен құрамы ЖЗ-ның химиялық құрамына, зарядтардың толық детонациялануы мен жарылатын жыныстардың химиялық, физика-механикалық және жылу-физикалық қасиеттеріне байланысты. ЖЗ зарядтарының жарылу өнімдерінің жыныспен әрекетке түсуінің нәтижесінде улы газдар қосымша мөлшерде бөлініп не болмаса керісінше олардың мөлшері азаюы мүмкін. Жыныстардың беріктілік коэффициенті неғұрлым жоғары болған сайын, көміртегі оксиді соғұрлым көп мөлшерде түзіледі және, әдетте, азот оксидтері аз түзіледі.

Б.Д. Росси тау жыныстарын оларда оттекті балансы нөлдік деңгейге жақын ЖЗ-ларды жару кезінде бөлінетін улы газдардың мөлшеріне байланысты «газдық зияндылығына» қарай үш топқа бөлуді ұсынды.

Бірінші топқа апатиттер, нефелиндер, калий тұздары, молибден, кейбір мыс және полиметалды кендер жатқызылған (улы газдардың мөлшері 1 кг ЖЗ-ға 10-40 л құрайды).

Екінші топқа көмірлер және көмірлі жыныстар, қорғасынмырыш, мартитті темір және алтынды жыныстар жатады (1 кг ЖЗ-ға 40-100 л).

Үшінші топқа джеспилиттік темір кендері енгізілген (1 кг ЖЗ-ға 100 л-ден артық).

Жоғарыда айтылып кеткендей, жарылыстың улы өнімдерінің құрамы көп дәрежеде ЖЗ-ның оттекті балансына байланысты. Оң таңбалы оттегілік баланс кезінде азот оксиді көп мөлшерде бөлінеді, ал теріс таңбалы баланс кезінде көміртегі оксиді көбі-

рек бөлінеді. Азот оксидінің ШРК-сы көміртегі оксидінің ШРК-сынан 6,5 есе асады.

Өртүрі елдерде жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде анықталғандай, әр ЖЗ үшін өзін жару кезінде улы газдар ең аз мөлшерде түзілетін жыныстың өзіндік химиялық (петрографиялық) құрамы болады.

Жару кезінде бөлінетін улы газдардың мөлшері бойынша шектеулер болады. Мысалы, АҚШ-та сақтандырғыш ЖЗ-лар үшін жарылыстың улы өнімдерінің шегі белгіленген. Ол 156 л/кг шамасын құрайды. Ашық тау кеніштерінде жару кезінде қолданылатын ЖЗ-лар үшін бұл көрсеткіш нормаланбайды.

6.5. Жарылыс өнімдерінің улылығын азайтудың әдістері

Оттекті балансы нөлдік шамаға жақын ЖЗ-ларды жару кезіндегі улы газдардың түзілу себептерінің біріне жарылудан өзгеру реакциясының толық жүрмеуі жатады. ЖЗ-ның детонациялық касиеті артқан сайын улы газдардың да мөлшері азая береді.

Жекелеген компоненттердің ыдырау өнімдерінің өзара әрекеттесуі ЖЗ-ның құрамында каталитикалық белсенді қоспалардың болуымен жеңілдей түседі. Аммониттердің құрамына біршама мөлшерде калий селитрасын қосу жарылыс кезінде азот оксидтерінің ғана емес, сонымен қатар көміртегі оксидінің азаюына әкелетіні дәлелденген.

Улы газдардың түзілуіне сақтандырғыш ЖЗ-ларда қолданылатын жалын сөндіргіш тұздар – хлорлы натрий мен хлорлы калий елеулі әсерін тигізеді. Олар реакцияның анағұрлым толық аяқталуына және, демек, улы газдардың мөлшерінің азаюына ықпал етеді. Бұл жағдайда әсіресе азот оксидтерінің мөлшері едәуір азаяды.

ЖЗ зарядының тығыздығын бастапқы кезде арттыру жарылыс өнімдеріндегі улы газдардың мөлшерінің азаюына әкеледі. Артынша зарядтың белгілі бір (сынды) тығыздығына қол жеткізгеннен кейін оның тығыздығын одан әрі арттыру жарылыс

кезінде бөлінетін улы газдардың мөлшерінің көбеюіне әкеледі. ЖЗ-ның тығыздығын сынды шамадан асырып арттыру оның толықтай детонациялану шамасының төмендеуіне негіз болады.

ЖЗ құрамындағы ылғал оның жарылуын қиындататын компонент болып табылады. Сол себептен ЖЗ ылғалдығының артуы улы газдардың, негізінен азот оксидтері мөлшерінің көбеюіне әкеледі. ЖЗ-ның жарылу өнімдерімен судың неғұрлым көп мөлшері әрекетке түссе, көміртегі оксидінің соғұрлым көп мөлшері CO_2 -ге дейін тотығатын болады.

6ЖВ баспаланған аммонитті жару кезінде ЖЗ зарядының қағаз-парафинді қаптамасы салмағының улы оксидтердің мөлшеріне тигізетін әсерін 14-кестедегі деректерден көруге болады.

14-кесте

Улы газдар мөлшері өзгеруінің қаптаманың салмағына тәуелділігі

Қаптаманың салмағы, г, 1 кг ЖЗ-ға (қағаз/парафин)	Улы газдардың мөлшері, л/кг		
	Көміртегі оксидтері	Азот оксидтері	Шартты көміртегі оксиді
0/0	7,5	4,2	35,0
1,2/1,7	28,3	4,7	58,9
2,0/2,5	29,6	5,1	62,8

Қағаз-парафинді қаптаманың улы газдардың түзілуіне тигізетін жағымсыз әсерін шектеу үшін ӨЖЗ-ға арналған мемлекеттік стандартта патрондардағы қағаз қаптама мен гидроокшаулағыш жабынның (парафин-петролатум) ең жоғары салмағы 100 г ЖЗ-ға 2 г-ға дейін деп белгіленген.

Улы газдардың түзілу мөлшерінің азаюы үшін жару жұмыстарының дұрыс жүргізілуі аса маңызды болып табылады. Газдардың түзілуін толығымен жоққа шығару мүмкін болмағандықтан, оларды бейтараптандырудың әртүрлі тәсілдері қолданылып отырады. Ондай тәсілдерге түптерді жару кезінде олардағы азот оксидтерін сіңіру үшін оларға су не сілтілі ерітінділерді құю әдісі жатады. Дәл осы мақсатта ЖЗ-ның сапасын жақсарту, сапалы жыныстық тығындамаларды және гидротығындамаларды,

ауа-механикалық көпіршікті және т.б. қолдану шаралары қабылданады.

Жарылыстың улы өнімдерімен уланумен күресудің тиімді құралына жерасты кеніштерін жақсы желдету әдісі жатады. Желдету аз уақыт ішінде газдардың концентрациясының санитарлық-гигиеналық нормаларға дейін төмендеуін қамтамасыз етіп отыру үшін өнеркәсіптік ЖЗ-лардың жарылысы кезіндегі улы газдардың шекті мөлшері 1 кг зарядқа 80 литрден аспауы тиіс.

Бақылау сұрақтары:

1. Өнеркәсіптік жарылғыш заттар мен олардың компоненттерінің улылығы.
2. Улы газдардың түзілу себептері.
3. Жарылыс өнімдерінің улылығын азайтудың әдістері.
4. Өнеркәсіптік жарылғыш заттарды қауіпсіз қолданудың шарттары.
5. Жарылыс өнімдерінің улылығы мен оттекті баланс арасындағы байланыс.
6. Жарылыс кезінде түзілетін улы газдардың адам ағзасына тигізетін әсері.
7. Оттектік балансы оң таңбалы немесе нөлдік ЖЗ-лардың ыдырау реакциясының теңдеуі.
8. Оттектік балансы теріс таңбалы ЖЗ-лардың ыдырау реакциясының теңдеуі.

VII

ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРМЕН ЖҰМЫС КЕЗІНДЕГІ ТЕХНИКА ҚАУІПСІЗДІГІ

7.1. Жарылғыш заттар дайындалатын және өңделетін ғимараттарға қойылатын жалпы талаптар

Өндірістік ғимараттар (шеберханалар) ондағы жасалатын жұмыстың сипатына байланысты үш топқа бөлінеді: жарылыс қауіпі бар, өрт қауіпі бар және қауіпсіз.

Жарылыс қауіпі бар ғимараттарға жарылғыш заттарды алу шеберханалары, престеу, құю, шнектеу және т.б. шеберханалары жатады.

Өрт қауіпі бар ғимараттарға бояу (лак) дайындау шеберханалары, оқ дәрілерді өңдеу бойынша қару-жарақтарды бояу және кептіру шеберханалары кіреді.

Қауіпсіз ғимараттарға снарядтарды октаудың корпустарын дайындау шеберханалары, механикалық шеберханалар және т.б. жатады.

Осы аталған өндірістік ғимараттар категорияларға бөлінеді:

Ғимараттардың қауіптілік категориясы технологиялық процеске тәуелді анықталады. Жарылыс қауіпі бар шеберханалар А, Б және В категорияларға бөлінеді.

А категориясына өрт туындаған жағдайда көрші орналасқан шеберханаларға қауіп төндіретін ғимараттар жатады. Сонымен қатар тетрил тэн, гексоген және т.б. жоғары бризантты жарылғыш заттар алынатын ғимараттар немесе олармен октау жүргізлетін ғимараттар А – І категориясына жатады. Ал тротил, аммо-

тол, пикрин қышқылы және т.б. жарылғыш заттар алынатын және олармен оқтау жұмыстары жүргізілетін шеберханалар А – II категориясына жатады.

А категориясы өндірістік ғимараттардың көп бөлігі барлық төрт жағынан топырақпен көмкеріледі. Бұл шеберханалардың аралық жабындары жеңіл болуы керек, яғни пеноблок немесе шлакты блоктан жасалады, себебі бұл материалдар жарылыс кезінде ұсақ кесектерге бөлінеді, яғни ірі, алысқа ұшатын жарықшақтар түзілуін болдырмайды. А – I категориялы ғимараттардағы барлық технологиялық процестерді басқару қорғалған пульт арқылы қашықтықтан басқарылады. Ол, әдетте, үйіндінің сыртқы жағынан және топырақпен таптап бункерде орналасқан.

Б категориясына жарылыс туындаған жағдайда көрші ғимараттарды бүлдірмей, тек шеберханамен шектелетін ғимараттар жатады. Мұндай ғимараттарға шнектеу, престеу, жарылғыш заттарды, оқ-дәрі және пиротехникалық құрамдарды механикалық өңдеу ғимараттарын мысал ретінде келтіруге болады.

Б категориясының өндірістік ғимараттары топырақпен жабылмайды. Жарылысқа қауіпті операциялар арнайы кабиналарда жүргізіледі және кабина ішіндегі жарылыс ғимаратқа залал келтірмеуі керек, ал қираулар кабина ішінен және оған жанасқан арнайы оқ қорғалған алаңшадан шықпау керек.

Кабинаның үш қабырғасы оны ғимараттың басқа қалған бөлігінен және басқа кабиналардан бөліп тұрады және жарылыс кезінде қирамайтындай етіп жасалады. Сыртқы қабырға терезе ойығы түрінде болады. Төбесіндегі жабындылар жарылыс кезінде ірі кесектер бермейтін жеңіл типті материалдан, әдетте, шлакблоқты плиталардан жасалады. Сыртқы қабырға алдына белгілі арақашықтықта жарылыс кезінде соққы толқынының таралуына және жарықшақтардың ұшуына кедергі келтіретін бетонды немесе каркасты себілмелі қабырға орнатылады. Кабинаның сыртқы және осы қорғаушы қабырға арасындағы кеңістік алаңша деп аталады.

Кабинаның негізгі қабырғалары темір-бетоннан тұрғызылады және оның қалыңдығы – 0,5-1,0 м. Темір-бетонды кабиналарда

жарылғыш затты нығыздауға арналған пресс, орташа калибрлі снарядтарды оқтауға арналған шнек-аппарат ЖЗ бұрғылау станоктары, ЖЗ араластыру және дайындау аппараттары орналастырылады.

В категориялы өндірістік ғимараттарда оқталған қару-жарақты бөлу жұмыстары жүргізіледі, бірақ ЖЗ-ның өзі механикалық өндеуге ұшырамайды. Мысал ретінде қару-жарақтарды бөлу, кептіру және тығындау шеберханаларын айтуға болады.

Кәсіпорын аймағындағы өндірістік шеберханалар қатаң түрде белгілі бір ретпен, яғни бір шеберхананың жарылысы басқа өндірістік ғимараттарда жарылыс тудырмайтындай етіп орналас-тырылады. Сондай-ақ ЖЗ шеберханасында өңделетін жарылғыш заттардың сипаттамалары ескеріледі. Кәсіпорынның құрылысы және қайта конструкциялау кезінде өндірістік шеберханалар арасындағы қауіпсіз арақашықтық ЖЗ-ны енгізуден және қауіптілік категориясынан тәуелді келесі формуламен есептеледі:

$$R = K\sqrt{C},$$

мұндағы C – шеберханадағы ЖЗ мөлшері, кг; R – қауіпсіз арақашықтық, м.

Бризантты ЖЗ үшін K коэффициентінің жуықталған мәндері 15-кестеде келтірілген.

Кейде есептеулер бойынша 50 м-ден аз арақашықтықтар алынады. Мұндай жағдайда шеберханалар арасындағы қашықтықты 50 м-ден кем алмау керек.

Кәсіпорындар үшін ЖЗ ғимараттарының максималды жүктемесі (жүктеме нормасы) осы тәуелділіктен келесі формула бойынша анықталады:

$$C = \left(\frac{R}{K}\right)^2,$$

мұндағы R – жақын шеберханаға дейінгі арақашықтық, м; C – ЖЗ жүктемесі, кг; K – 15-кестеден алынған коэффициент.

Жарылысқа қауіпті нысандардан қауіпсіз арақашықтықты есептеуге арналған К коэффициентінің мәндері

Нысанның категориясы	Жарылысқа қауіпті нысан жабылмаған	Жарылысқа қауіпті нысан жабылған	
		Аралық нысан жабылмаған	Аралық жабылған
Тетрил және анағұрлым қуатты ЖЗ шеберханалары (А – I категориясы)	5,2	2,3	1,2
Басқа ЖЗ және пиротехникалық құрамдар шеберханалары (А – II категориясы)	4,0	1,4	0,7
ЖЗ бар шығынды жертелелер	-	1,0	0,5

Жарылысқа және отқа қауіпті ғимараттар құрылғыларына қойылатын талаптар әр алуан. Дегенмен ЖЗ алу немесе оқтау жұмыстары жүргізілетін ғимараттар құрылысы үшін жалпы талаптар тағайындалған. Осы талаптарға тоқталайық.

1. Есіктер мен сатылар қажет болғанда адамдарды эвакуациялауды қамтамасыз ететіндей, екі шыға берісі бар, әрбір жұмысшы орыннан 15 м-ден алыс емес арақашықтықта орналастырылады. Барлық өндірістік шеберханалардың қабырғалары отқа төзімді болуы керек. Бөлменің іші сыланып, ақ майлы бояумен сырланады. Бұл жұмыс кезінде бөлінетін шанды оңай жуу немесе ылғалды шүберекпен сүрту үшін жасалады.

2. Өндірістік шеберханалардың едендері отқа төзімді материалдан жасалады, бірақ қандай да бір затты жылжытқанда соққы кезінде ұшқын болмауы керек. Ол үшін ұшқынсыз асфальт немесе линолиум қолданылады. ЖЗ алу шеберханаларында ешқандай ағаш төсемелер болмауы тиіс. Себебі бұл бөлмелерде жарылыс тудыратын күкірт және азот қышқылдары болады. Оқтау шеберханаларында да ағаш төсемелердің болуы өртке әкелуі мүмкін, өйткені ЖЗ шаңы сіңген еден оңай тұтанады.

Едендердің кедір-бұдыр немесе жұмсақ болуына жол берілмеуі тиіс, себебі шұңқырларда ЖЗ шаңы жинақталып, ұзақ сақ-

талу барысында химиялық ыдырау нәтижесінде өздігінен тұтануы мүмкін.

Ерекше сезімтал ЖЗ-мен және олардың қоспаларымен жұмыс жасалатын бөлмелерде қатаң түрде тазалық сақталуы тиіс.

3. Өндірістік шеберханалардың жылу жүйесі сулы немесе бу-сулы болуы тиіс. Құбырлардың температурасы 70°C -ден аспауы керек. Қыздырғыш элементтер қабырғадан 50 мм алыс орналас-тырылады, бұл оларды сүртіп тұруға ыңғайлы. Булы жылу беру өрт және жарылыс қаупі бар шеберханаларда жылу тасымалда-ғыштың температурасы жоғары болғандықтан рұқсат етілмейді.

4. Өндірістік шеберханаларда желдеткіш құрылғының болуы маңызды болып табылады. ЖЗ-мен жұмыс істеу барысында адам ағзасына зиянды шаң мен булар бөлінеді. Оның үстіне ЖЗ шаңы өртке қауіпті. Желдеткіштер жарылысқа қауіпсіз болуы керек.

Желдеткіштердің жарылысқа қауіпсіздігі екі жолмен қамта-масыз етіледі: жарылыс қаупі жоқ желдеткіш құрылғысын пай-далану немесе инъекциялық сору жүйесін қолдану.

Жеке операциялар үшін жергілікті сорғыштар кең қолданыс тапқан. Олар бөлінетін зиянды булар мен шанды түзілген орны-нан жинақтап алады және бүкіл шеберханаға таралуын болдыр-майды. Жергілікті сорғыштар ЖЗ өндірісінде нитрлеу, кептіру, тығындау операцияларында, ал октау өндірісіндегі електен өткі-зу, ЖЗ үлгісін дайындау операцияларында кең таралған.

5. Жұмыстың қауіпсіздігі үшін өндірістік шеберхананың электр сымдарының және барлық электрлік шаруашылығының күйі маңызды. Электр сымдары бүтін, ал барлық электрлік құ-рылғылар (электрлі кнопка, электрлі қозғалтқыш және т.б.) гер-метикалық және жарылысқа герметикалық қауіпсіз болуы керек.

ЖЗ шаңы қызып тұрған электр шамының бетіне түспеуі үшін электр шамдары герметикалық шырағандарға орнатылуы тиіс.

Қатты шаңдалу (елеу, кептіру, ЖЗ араластыру) орын алатын өндірістерде жарық нүктелерін сыртқа орналастырады.

6. Табиғи жарықпен қамтамасыз етуге қажетті терезе ойық-тарында сыртқа қарай ашылатын тұстама болуы керек және ол

өрт кезінде шығу үшін пайдаланылады. Осы себептен терезелер еден деңгейінен 0,9 м-ден биік орналаспауы қажет.

7. Шеберхананың барлық жабдықтары жермен қосылуы керек, жерге қосу кезенді түрде тексеріледі. Әсіресе статикалық электр тогы пайда болатын жабдықтарға аса көңіл бөлген жөн.

8. Өндірістік ғимараттарда найзағайдан қорғау үшін шеберхана айналасында найзағай әкететін күштер орнатылады.

Жұмыс орнын ЖЗ-мен жүктеу нормалары ЖЗ-мен жұмыс кезінде жұмыс орнындағы жартылай фабрикат және дайын оқталған бұйымдар түріндегі заттар мөлшерінің маңызы зор.

Жұмыс орнында ЖЗ-ның жүктемесі көп болған сайын, оның көп мөлшері бір мезетте жарылуы мүмкін және қираулар да сәйкесінше күшті болады, сонымен қатар соққы толқыны жарылыс орнынан алыс қашықтыққа таралады. Әрбір жұмыс орнында қатаң түрде жарылғыш заттың өңделуі керек белгілі бір мөлшері болуы тиіс. Бұл мөлшер ауысымдық тапсырма және техника қауіпсіздігінің ережелерін ескере отырып анықталады.

Жұмыс орнындағы жүктемелер үшін техника қауіпсіздігінің талаптары бір жұмыс орнында ЖЗ-ның жарылысы болған жағдайда басқа жұмысшы орнына таралмауына негізделген. Жұмыс орнында орналасқан ЖЗ-ның қатаң түрде белгіленген мөлшері жүктеменің шекті рұқсат етілген қауіпсіз нормасы деп аталады.

Жоғарыда айтылғандай, орындалатын операция ерекше қауіпті болған жағдайда жұмыс орнын берік темір бетонды бөлмелерге, яғни кабиналарға ауыстырады. Кабиналардың бірінде жарылыс болған жағдайда қалған жұмыс орындары зақымданбай, бүтін қалады. Бұл кабиналар ЖЗ жүктемесінің белгілі бір нормасына есептелген.

Жұмыстың қауіпсіздігі үшін жұмыс орны мен шеберханаларда ЖЗ жүктемесінің нормадан асып кетпеуімен қатар, жиналатын бұйымдарды орналастырудың габаритті өлшемдері, олардың арасындағы өту жолдарының өлшемдері, шеберханада орналасқан жабдықтар, араластырғыштар және басқа да қондырғылар арасындағы арақашықтық өлшемдері де маңызды.

Өту жолдарының енін жұмыс кезінде жиналған өнімді еркін орын ауыстыруға және басқа да операциялар орындауға мүмкіндік болатындай етіп жасайды.

Қажетті еңнің өлшемі азайған жағдайда өту жолдарында жұмыс істеу ыңғайсыз, қауіпсіздік ережелерін сақтау мүмкіндігі туындайды, яғни бұл көп жағдайда бақытсыздық жағдайға немесе апаттарға соқтырады.

Жұмыс орнын ЖЗ-мен және дайын өнімдермен жүктеу нормаларын қатаң сақтау және оларды жұмыс орнында дұрыс орналастыру – ЖЗ-мен жұмыс кезіндегі техника қауіпсіздігінің маңызды шарттарының бірі.

7.2. ЖЗ-мен жұмыс кезіндегі техника қауіпсіздігінің жалпы талаптары

ЖЗ-мен жұмыс жасау кезінде басқа барлық өндірістерге арналған техника қауіпсіздігі бойынша ережелерден бөлек екі ерекшелікті, яғни ЖЗ-ның жарылысқа қауіптілігін және өртке қауіптілігін ескеру керек. Жарылғыш заттардың қасиеттерімен байланысты айрықша талаптар және олармен жұмыс жасау әдіс-темесі кәсіпорынның технологиялық бөлімі құрастырған арнайы нұсқаулықта көрсетіледі. Сонымен қатар жарылысқа қауіпті өндірістерде ЖЗ-мен жұмыс істеу барысында сақталынуы тиіс жалпы талаптар енгізіледі. Бұл талаптар төмендегідей:

1. ЖЗ-мен жұмыс істеу кезінде ашық отты, ашық электрлік қыздырғыш аспаптарды пайдалануға болмайды. ЖЗ-ның тұтануына әкелетін басқа заттардың болуына немесе әрекеттерге, темекі шегуге тыйым салынады.

2. ЖЗ-мен жұмыс кезінде қара металдан жасалған құрал-саймандарды пайдалануға болмайды, себебі оларды қолдану барысында ұшқын түзілуі мүмкін, бұл ЖЗ-ның тұтануына, ал кейбір жағдайларда детонацияға әкеледі.

3. ЖЗ өңделетін бөлмелерде жеңіл тұтанатын сұйықтықтар, қышқылдар мен сілтілер болуына тыйым салынады. Ешқашан жарылғыш зат немесе оқ дәрілердің қышқылмен және сілтімен жанасуына жол бермеу керек.

Тротилмен, пикрин қышқылымен және динитротолуолмен немесе құрамында осы заттар бар жарылғыш қоспалармен жұмыс жасағанда олардың тіпті сабынды ерітінділермен жанасуын болдырмау қажет.

Пикрин қышқылымен немесе құрамында пикрин қышқылы бар жарылғыш қоспалармен жұмыс кезінде оның арнайы боялған жабындысы жоқ кез келген металл затпен жанасуына жол берілмейді.

4. Жұмыс кезінде ЖЗ-ның соққысын болдырмау керек және адамдар қатысында оларды бұрғылауға, аралауға болмайды. ЖЗ-ға механикалық әсер ету арқылы жүргізілетін операциялар, әсіресе жарылғыш зат екі металл беттің арасына қойылатын жағдайда жұмыс адамның қатысынсыз, арнайы кабиналарда орындалады. Жарылғыш заттың аз мөлшерін өңдеу кезінде жұмысшыларды мүмкін болатын жарылыстың салдарынан сенімді қорғайтын бронды қалқандар қолданылады.

5. ЖЗ-мен жұмыс жүргізілетін немесе олардан жасалған бұйымдар сақталатын бөлмелерде майланған зат, лас заттар, шүберектер сияқты өздігінен тұтанатын заттарды қалдыруға қатаң тыйым салынады.

ЖЗ өңделетін немесе сақталатын бөлмелерде, еденде, үстел үстінде қалдықтар қалдырмау керек. Барлық қалдықтар арнайы жәшіктерге салынып, бөлмеден тыс орналасқан арнайы бөлінген орынға әкетіледі.

6. Алюминий және магний ұнтақтарымен немесе опаларымен жұмыс істегенде бұл заттардың сумен жанасуына қатаң тыйым салынады. Көрсетілген ұнтақтардың ұсақ дисперсті ұнтақтары мен опаларының сумен жанасуы ауыр салдарға әкелетін өртті тудырады.

7. Өнім тасымалдау өткізгішінде, жабдықтарда, крандарда қатып қалған ЖЗ-ны ұрып немесе қырып алуға тыйым салынады, тіпті түсті металдан жасалған құралмен де қыруға болмайды.

8. Жарылғыш заттарды және олардан жасалған бұйымдарды арнайы ыдыспен байқап тасымалдау қажет. Тасымалданатын ЖЗ-ның мөлшері тасымалдануда қиындық тудырмайтындай көлемде болуы керек. Сонымен қатар тасымал барысында ЖЗ-ның немесе одан жасалған бұйымның құлауына жол бермеу керек.

9. Жарылғыш заттармен оқталған бұйымдар, ЖЗ бар жәшіктер немесе қораптар тиянақты түрде жиналуы керек, яғни оларды сақтау немесе тасымалдау кезінде құлап кету орын алмауы тиіс. Штабель биіктігі 2 м-ден артық болмауы керек.

10. Өндірістік бөлмеде ЖЗ-ның немесе дайын зарядтың көп мөлшері жинақталып қалмауы тиіс. Олар арнайы топырақпен жабылған қоймаларда сақталады. Қандай жағдай болмасын әрбір шеберхана үшін тағайындалған жүктеме нормалары сақталуы керек.

Жарылғыш заттың аз мөлшері қолданылатын зерттеу жұмыстары кезінде оларды зертханадағы сейфтерде сақтауға болады, бірақ тағайындалған жүктеме нормасын қатаң сақтау керек.

11. Жарылғыш заттармен жұмыс кезінде жұмыс орнының тазалығына аса көңіл аударылады. Жұмыс аяқталған соң жабдықтар жарылғыш заттың қалдықтарынан мұқият жуылып, тазартылады. Жабдық немесе қондырғы ішінде қалып қалған жарылғыш зат ыдырап, ЖЗ-ның тұтануына әкеледі.

Қондырғыларды ЖЗ-дан тазарту үшін бу, ыстық су және ацетон, бензол, спирт сияқты әртүрлі еріткіштер қолданылады.

12. ЖЗ-ны нитрлеу әдісімен алған кезде нитраттар астында су толтырылған ыдыс тұруы керек. Олар қызып кеткен нитромасаны құю үшін қажет.

13. Нитраттар және басқа да жабдықтарда «өлі аймақтар» болмауы тиіс, яғни өнімдердің тұрып қалуы және тазалау үшін қиын қолжетімсіз жерлер болмау керек. Бұлар тұтану ошақтарына айналуы мүмкін.

14. Жарылғыш заттарда сұйық немесе балқытылған күйде беруге арналған құбырөткізгіштердің майысқан және бірден көтерілген жерлері болмауы тиіс. Балқыған ЖЗ тұрып немесе тұнып қалмауы үшін оларды біртекті еңіспен орнатады. Құбырөткізгіштерде статикалық электр тогы жинақталмауы үшін олар жермен қосылады.

7.3. Жөндеу жұмыстары

ЖЗ өндіру және өндеу шеберханаларындағы әртүрлі жөндеу және монтаждау жұмыстары қауіпті категорияға жатады және арнайы қауіпсіздік шараларын сақтай отырып жүргізіледі. Қондырғыны жөндеуге кіріспес бұрын келесі шараларды орындау керек:

1. Жөндеу жұмысы жүргізілетін бөлмеден ЖЗ-ны, оқталған бұйымдарды және жанғыш материалдарды толығымен әкетеді.

2. ЖЗ-мен жұмыс жасалған және жөнделуі тиіс барлық қондырғылар, құралдар мұқият тазартылады.

3. Жарылғыш затты тазарту алдында жабдыктан шығарып алып, содан соң тазалау керек. ЖЗ қалдықтарын аппараттан алюминий қалақшамен алу қажет. Жұмысшының қолында арнайы қорғайтын қолғап болуы тиіс.

4. Қондырғылар мен жабдықтарды тазалау төмен температурада балқитын немесе суда еритін ЖЗ-дан ыстық су құю арқылы және оны қайнату немесе шланг арқылы ыстық сумен шаю бойынша жасалады. Жоғары температурада балқитын және суда ерімейтін ЖЗ-дан қондырғы мен жабдықтарды осы ЖЗ жақсы еритін еріткіштермен тазартады.

Құрамында әртүрлі компонент бар қоспалы ЖЗ-дан қондырғыны тазалауда түрлі еріткіштермен біртіндеп шаю әдісі қолданылады. Мысалы, алдымен аппаратқа бу көмегімен қайнатылатын су құяды, содан соң оны төгіп тастайды да, суыған аппаратқа ацетон құяды. Содан кейін аппаратқа қайтадан ацетон құя отырып, толық тазаланғанша қайталайды. Жуу аяқталғанда қондырғыны сүртіп тазартады.

5. ЖЗ түсіп кетуі мүмкін болатын қосылған жерлері бар және тазарту қиын жерлері бар қондырғылар мен түйіндерді тазартып және еріткішпен шайып болған соң аппаратты, қосымша газды жанарғының көмегімен (ұстайтын сабы 1,8 м) күйдіреді. Ол үшін бір адамға есептелген, көзге және қолға арналған саңылауы бар шағын болат кабиналарды пайдаланады.

Осы іс-шаралар орындалғаннан кейін ғана қондырғыны жөндеуге кірісуге болады. Қондырғыны бөлшектеуде және жөндеуде тек түсті металдан жасалған құрал-сайманды пайдалану қажет. Балғалар, гайка бұрайтын кілттер және т.б. латунь, алюминий және дюралюминийден жасалуы керек.

Қондырғыны жөндейтін слесарь ЖЗ-мен жұмыс кезінде қауіпсіздік шараларын қатаң сақтауы тиіс. Әсіресе жөндеу жұмысы аяқталған соң қондырғыда құрал-сайманды ұмытып қалдырып кетпеу қажет. Мұндай жағдай апаттың туындауына әкеледі.

7.4. Санитарлық-гигиеналық талаптар

ЖЗ-мен жұмыс жүргізілетін шеберханаларда санитарлық-гигиеналық талаптар қатаң сақталуы тиіс. Оған жұмыс орнын таза, мәдениетті ұстау және жеке бас тазалығын сақтау, арнайы киімді және жеке бас қорғаныс құралдарын дұрыс пайдалану жатады.

Жұмыс орнын мәдениетті ұстау жұмысшының орындайтын жұмысына көзқарасын білдіреді, жұмыс орнының тазалығын және реттілігін қамтамасыз ету. Жұмысшы өзінің жұмысын жүргізу барысында пайдаланатын ЖЗ немесе басқа да өнімдердің қасиетін түсінуі, білуі керек.

Жұмыс орнының тазалығы – бұл жарақаттар, өрт, апаттармен күресудің кепілі. Жұмыс орнында және оның айналасында қажетсіз заттар болмауы керек, барлық қажетті құрал-саймандар қатаң реттілікпен жиналып тұруы тиіс.

Барлық нұсқаулықтарды, яғни ЖЗ-ны өңдеу кезіндегі әртүрлі операцияларды орындау барысында станок, қондырғы, жабдық, құрал-сайман және бөлме тазалығына аса көңіл бөлінуі керек.

Әрбір жұмыс орнында қажетті санитарлық-гигиеналық жағдайлар жасалуы тиіс. Олар: жеткілікті жарықтандыру, желдеткіш және т.б. Жұмысшы осы жағдайларды толық түрде пайдалануы керек. Бұлардың болмағанда біреуін сақтамау жұмысшының тез шаршауына, сәйкесінше еңбек өнімділігінің төмендеуіне және жарақат санының артуына әкеледі.

Жарылғыш заттардың көпшілігі – нитроароматты қосылыстар және нитроаминдер. Олар тері және тыныс алу мүшелері арқылы адам ағзасына енуге қабілетті. Бұл заттар қан айналымына, жүйке жүйесіне теріс әсерін тигізеді. Аминді қосылыстармен салыстырғанда нитроқосылыстар жүйке жүйесіне күштірек әсер етеді. Олардың кейбіреуінің теріге түсуі тері ауруы – дерматиттер тудырады. Сондықтан тазалықты толық сақтамау ЖЗ-ның зияндылығын күшейте түсетін фактор болатынын естен шығармау керек.

Жұмысшының жеке гигиенасы жұмыс аяқталғаннан кейін әртүрлі қорғаныс құралдарын залалсыздандыру, сондай-ақ зиянды және шаң-тозаңды өндірістерде (мысалы, аммонит өндірісінде аммонитті елеу және т.б.) міндетті түрде душ қабылдаудан тұрады.

Ешқашан жұмыс орнында жеке киімді іліп қоюға болмайды, оны арнайы бөлінген шкафқа салып қою керек. Себебі жұмыс орнында тұрған киім ЖЗ-ның шаңын өзіне сіңіріп алатындықтан, ол үйге тасымалданады.

Жеке бас қорғаныс құралдары – бұл жұмысшыны өндірістің зиянды қалдықтарынан, бөлінділерінен қорғауға арналған арнайы киім. Ол зиянды жұмыс жағдайында қызмет істейтін тұлғаларға беріледі.

Арнайы киімнің типі өндіріс шарттары мен орындалатын жұмыстың сипатына байланысты болады. Мысалы, ЖЗ дайындайтын өндірісте қышқылдардан сақтау үшін шұғадан жасалған костюмдер, ал оқтау өндірісінде ЖЗ-ның шаңынан қорғайтын мақта-маталы костюмдер беріледі. Киімнің түрі мен оның материалы әртүрлі мамандық үшін алдын ала тағайындалады.

Жұмысшыларға берілетін арнайы киім кәсіпорынның жеке меншігіне кіреді, сондықтан жұмысшы жұмысқа қажетті басқа да заттар сияқты оған жауапты болады.

Жұмысшы арнайы киімді кәсіпорыннан тыс жерге алып кете алмайды.

Арнайы киімдер белгілі бір мерзімге арналып беріледі, қолдану мерзімі өткен соң ол жаңартылып, яғни басқасымен алмастырылып отырады. ЖЗ-ның шаңынан тыныс жолдарын қорғау үшін шаңға қарсы құралдар пайдаланылады. Оларға мақта-маталы таңғыштар, газқағарлар және респираторлар жатады. Таңғыштар жұмысшының қозғалуына кедергі келтірмейді және жеңіл. Газқағарлар газ концентрациясы жоғары бөлмелерде қолданылады.

7.5. Жарақаттану және күйеу кезіндегі алғашқы көмек

Әрбір жұмысшы жарақаттану және күйеу кезінде зардап шеккен адамға алғашқы көмек көрсете білуі керек. Аяқ-қолдың күшті жарақаттануы кезінде ең алдымен қан тоқтату керек. Ол үшін белбеу, сүлгі, орамал сияқты қолда бар құралдармен зардап шегушінің аяғын немесе қолын жарақаттан жоғары жерінен

байлау керек, жарақатты таза сумен жуып, айналасын йодпен өңдеп, бинтпен таңу қажет.

Күю кезінде де алғашқы көмекті дер кезінде көрсетудің маңызы зор.

Күйіктің екі түрі болады: химиялық және жылулық.

Қышқылмен немесе сілтімен химиялық күю кезінде алғашқы көмек көрсетудің кең тараған тәсілі – оларды бейтараптандыру. Қышқылмен немесе сілтімен зақымданған жерді сумен жылдам жуу да жақсы нәтиже береді. Қышқылды және сілтіні суық судың ағынымен жуу арқылы терінің барлық кеуектерінен шығаруға болады.

Қышқыл немесе сілті теріге тигеннен кейін 5-8 секунд ішінде жылдам жууды бастау қажет және 15-20 минуттай жуу керек.

Жылулық күюде теріде пайда болған көпіршіктерді кесуге, тесуге мүлдем болмайды. Бұл жағдайда күйген жерді 10-15 минут суық сумен шайып, содан соң марганец қышқылды калий немесе сода ерітіндісімен таңғыш байлау керек, сосын май немесе вазелин жағуға болады. Спиртпен таңғыш жасауға болады. Шеберханаларда дәрі-дәрмек қобдишасы міндетті түрде болуы керек.

7.6. Өрттің алдын алу шаралары

Өрт қауіпсіздігіне байланысты іс-шаралар екі негізгі топқа бөлінеді: өртті болдырмау – ескертпе шарасы және оны сөндіру.

Өрттің алдын алу шарасы – өртті болдырмау ескертпеге бағытталған және оның жану аумағын азайтуға бағытталған кешенді іс-шаралар болып табылады.

Жарылғыш заттар жасау өндірісінде және оларды өңдеу кезінде техника қауіпсіздігімен қатар өртке қарсы іс-шаралар да сақталуы тиіс.

Өрттің алдын алу шарасы жарылғыш заттармен жұмыс істеу барысында өрттің туу салдарын азайту арқылы жұмыс істеу орындарын жарылудан сақтау болып табылады.

Негізінен, барлық өрттердің туындауы жұмыс орындарының дұрыс ұйымдастырылмауынан және техникалық қондырғылардың істен шығуы нәтижесінде орын алады.

Жарылғыш заттармен жұмыс істейтін өндірісте, негізінен, өртке қарсы режим талаптары сақталуы тиіс. Олар: жұмыс орнында қатаң тәртіп пен тазалықтың сақталуы, жарылғыш заттарды ұқыпты және дұрыс қолдану ережелерін қадағалау және т.б. Жарылғыш заттар мен аспаптарды қолдану ережелерін сақтамау өрттің туындауына әкеліп соғады.

Өрттің алдын алу шараларының басты талаптары төмендегідей:

Өндіріс аумағына сіріңке, темекі, папирос және т.б. заттарды әкелуге қатаң тиім салынады.

Жұмыс орнында жанғыш заттарды жұмыс ауысымы біткенде қараусыз қалдырмау керек. Ол жанғыш заттар мұқият жиналып, өздерінің арнайы қойылатын орындарында сақталуы тиіс.

Жарылғыш заттармен және басқа да майлы заттармен ластанған өнім қалдықтары негізгі заттардан арнайы темір жәшіктерде бөлек сақталуы тиіс. Бұл жәшіктер бөлек бөлмеде болуы керек. Осы жәшіктердің ішіндегі өнім қалдықтары араға уақыт салып өртелуі тиіс.

Арнайы қабылданған ережелерге сәйкес жарылғыш заттардан қалған қалдықтардың көзі жойылуы керек.

Өрттің тұтану көздері қыздыру қондырғылары, электрқозғалтқыштар, электр сымдары және т.б. болып табылады. Әсіресе оларды жұмыс ауысымы біткен кезде өшірмеу өрттің пайда болуына ықпал етеді. Барлық жұмыс істейтін қондырғыларды өшіру орталық айырып-қосқышты өшіру арқылы жүзеге асуы керек. Жұмыс орнында жарылғыш заттармен жұмыс істеу кезінде олардың нормадан артық мөлшерін қолданбау маңызды рөл атқарады.

Дайын өнімдер мен жартылай фабрикаттар ережеге сәйкес жиналуы керек. Өрт сөндіруге арналған қондырғылар немесе құралдар орналасқан жерлер, яғни кіріс және шығыс есіктер, дәліздер және т.б. орындар ашық болуы керек.

Өрт пен жарылысқа қауіпті жұмыс орындары өртке қарсы қауіпсіздік құралдарымен қамтамасыз етілуі тиіс.

7.7. Өрт сөндіру құралдары

Химиялық зауыттардағы өрт дер кезінде байқалса, онда өртті керекті құралдармен сөндіруге болады. Өрт сөндірудің негізгі принципі – жанғыш затты оның тұтану температурасынан төмен температураға дейін суыту және айналадағы ауадан немесе басқа да тотықтырғыштан изоляциялау.

Жарылғыш заттарды тек суыту арқылы сөндіреді. Олардың құрамында тотықтырғыш бар болғандықтан, оттекті ауадан изоляциялау арқылы сөндіру тиімсіз.

Алюминий мен магнийдің ұнтақтары сияқты сумен әрекеттескенде тұтанатын жанғыш заттар суыту және су мен ауадан оқшаулау арқылы сөндіріледі.

Сөндіруге арналған заттарды төрт түрге жіктеуге болады: қатты (жалын сөндіретін газдар бөлетін немесе бөлмейтін), бу және газ тәріздес; сұйық; көбік тәріздес.

Сөндіру құрылғылары қолмен басқарылатын, тасымалданытын, автоматты және арнайы болып бөлінеді.

Жалын сөндіретін газдар бөлмейтін қатты заттарға құрғақ топырақ, құрғақ құм, карналлит, асбесті ұнтақ, құрғақ калий бисульфатының құммен қоспасы, асбесті және жүнді жапқыштар жатады.

Жалын сөндіретін газдар бөлетін қатты заттарға мыналарды жатқызуға болады: натрий дигидрокарбонаты; натрий карбонаты, қатты көміртек қышқылы және т.б.

Ұнтақ тәріздес заттар алюминийлі және магнийлі опаларды, термитті ұнтақтарды сөндіруге арналған.

Қатты көміртек қышқылы өрт сөндірудің ең қауіпсіз құралы болып саналады. Ол химиялық заттар мен электр қондырғыларындағы өртті сөндіруге арналған.

Газ және бу тәріздес өрт сөндіру заттарына көміртек қышқылы (газ тәріздес), азот, су буы, түтінді газдар, іштен жану қозғалтқыштарынан бөлінген газдар жатады.

Бумен сөндіру кезінде желдеткіш қосылуы керек. Газ және бу сөндіру, әдетте, жабық мекемелерде жанып жатқан этил спирті мен ацетонды өшіруде қолданылады.

Сұйық өрт сөндіру заттарына су, тұздардың сулы ерітіндісі, төртхлорлы көміртек (CCl_4) және бромды метил (CH_3Br) жатады.

Ең көп таралған өрт сөндіру құралы – су. Ол бүкіл өндірісте кеңінен қолданылады. Су ғимараттарды, қондырғыларды, меншікті салмағы өзінен ауыр болып келетін және жанасқанда тұтанбайтын сұйық және қатты заттарды сөндіруде қолданылады.

Өртенген электр сымдарын өшіру үшін төртхлорлы көміртек ті өрт сөндіргіштер қолданылады. Сондай-ақ сұйық бромды метилі бар өрт сөндіру құралдарын да пайдаланады. Өндірістік шеберханаларда өртті осындай өрт сөндіргіштермен өшіргенде улы болып келетін бромды қышқылдың (HBr) буларынан қорғану үшін газқағарлар қолдану керек.

Көбікті сөндіру – жеңіл тұтанатын сұйықтықтарды өшірудің анағұрлым кең тараған тәсілі. Оны алғаш рет 1903 жылы Петербургте орыстың химигі әрі өнертапқышы А.Г. Лоран ойлап тапқан. Бұл әдіс жеңіл тұтанатын сұйықтықтарды сөндірудегі ең тиімді әдіс болып саналады.

Көбік екі тәсілмен пайда болады: химиялық реакция нәтижесінде және механикалық араласу нәтижесінде.

Сұйық көбікті өрт сөндіргіште құралдың корпусына толтырылған сілтілік ерітінді – NaHCO_3 (500 г). Корпустың жоғарғы бөлігінде 185 мл мөлшерінде күкірт қышқылы бар кішкентай шыны баллон орнатылған. Шыны баллон сынған кезде күкірт қышқылы содамен әрекеттесе бастайды да, көмірқышқыл газы бөлінеді. Көмірқышқыл газы келесі теңдеу бойынша түзіледі:



Нәтижесінде қою көбік түзіледі, ол өрт сөндіргіш құралдың корпусында орналасқан бүрку саңылауы арқылы күшті ағынмен тасталады.

Баллондардың ішінде үлкен қысым пайда болады. Нәтижесінде көбік ағынының ұзындығы 10 метрге жетеді, өрт сөндіргіштің әрекет ету уақыты – 15 минут.

Қазіргі кезде стационарлық жағдайда үздіксіз әрекет ететін аппараттар – көбік генераторлар қолданылады. ПГ-25 көбік ге-

нераторы көбікті 40-60 метр қашықтықпен 15-30 м/с жылдамдықпен береді.

Спринклерлі және дренчерлік өрт сөндіру құралдары анағұрлым тиімді болып келеді. Спринклерлі құрылғының құндылығы пайда болған өрт ошағын сөндіру автоматты түрде бірден жүзеге асырылады. Бұл кезде қысқа мерзімде, яғни минут немесе минуттың үлестерінде, автоматты түрде дабыл белгісін бере отырып өрт сөндіріледі.

Спринклерлі құрылғысы бар қондырғыларды қоймалар, келтіру орны сияқты отқа қауіпті заттар бар, бірақ тұтануды дер кезінде байқайтын адамдар болмайтын жерлерде қолданудың маңызы зор.

Спринклерлі жүйенің әрекет ету принципі су өткізгіш құбырда орнатылған және температура жоғарылағанда ашылатын аспаптарды пайдалануға негізделген.

Аспаптың клапаны жеңіл балқитын пластинадан немесе оңай қайнайтын сұйықтықпен толтырылған шыны капсюльден тұрады. Температура жоғарылағанда пластина балқиды немесе капсюль жарылады. Аса қауіпті бөлмелерде 6 м² орынға бір аспаптан орнатады.

Дренчерлік жүйе де спринкерлік жүйе аспаптарынан тұрады. Бірақ ол жүйенің аспаптары су шығатын саңылаудың үнемі ашық болуымен ерекшеленеді. Дренчерлік жүйеде труба өткізгіште қолмен немесе электрлі мотормен ашылатын тартпа орнатылады.

7.8. Өртүрлі бұйымдарды, жарылғыш заттарды және олардың жартылай дайындалған өнімдерін сөндіру әдістері

Жарылғыш заттардың ғимаратта жалындауы кезінде, алдымен өрт ошағынан ЖЗ қорын қашықтату керек. Иницирлеуші заттарды алыстату кезінде оларды тастауға болмайтынын естен шығармау керек, өйткені ол жарылысқа әкелуі мүмкін. Басқа ЖЗ-ны жанып жатқан ғимараттан шығару мүмкін болмаса, оларды терезеден тастау керек. Содан соң өрт ошағын сөндіру қажет.

Жанғыш жарылғыш емес заттарды сөндіру.

Сумен химиялық өзара әрекеттеспейтін ағаш, жоңқа, талшық және т.б. органикалық заттар мол сумен ғана сөндіріледі. Осы мақсатта сұйық өрт сөндіргіштер, көрпелер, киіз және құм жиі қолданылады. Қысқаша айтқанда, органикалық жарылғыш емес заттарды сөндіру үшін қолда бар өрт сөндіргіш заттардың бәрі жарамды.

Ацетон сумен әртүрлі қатынаста сұйылтылады, содан оның жанғыштығы әлсірейді. Ацетонның жануын алдын алу үшін оны сумен сұйылту керек.

Спирт те ацетон секілді сумен әртүрлі қатынаста сұйылтылады, осыдан оны сөндіру үшін суды пайдаланған жөн. Бірақ суда спирттің үлесі 4%-дан аспаған жағдайда оның жану қабілеті айтарлықтай спирттің жануын жоюда қиындық тудырады. Сондықтан спиртті аммиак буы арқылы сөндіру керек. Аммиак буы сөндіруді оңайлатады. Шағын жанғыш беттерді сұйық өртсөндіргіштерді қолдану арқылы сөндіруге болады.

Бензин және керосин жанғанда сумен сөндіруге ешқашан болмайды. Олар суда ерімейді, судан жеңіл болғандықтан, қалқып бетке шығып жануын жалғастыра береді. Тұтанған бензинді және керосинді құм, киіз және көбікті өртсөндіргіш арқылы сөндіру керек.

Жарылғыш заттарды сөндіру.

Жанып жатқан ЖЗ-ны сөндіру барысында олардың жануына қажет оттегі өз құрамында екендігін естен шығармау керек. Сондықтан оны киізбен жабу немесе құммен көму пайдасыз ғана емес, сонымен бірге қауіпті. Құммен көму, көрпемен жабу кезінде жану күшейіп детонацияға айналуы мүмкін.

Таза аммиак селитрасы өздігінен жанбайды, тек балқиды. Органикалық заттардың (ағаш, шүберек және т.б.) жануы селитра қатысында күшейеді. Оның қоспаларын сөндіруде сұйық және көбікті өртсөндіргіштер және су қолданылады.

Тротил күшті жалынмен жанады. Балқыған және ұнтақталған күйінде тез жанады. Су тротилді сөндіруде қолайлы, себебі жанып жатқан тротилге түсіп ол буланады; осы кезде жылу жұмсалады, жану өнімдерінің температурасы төмендейді, реакцияға

түспеген заттар қабаттарын қыздыру бәсеңдейді, жану жылдамдығы баяулайды. Жанып жатқан бетке судың көп мөлшерін құйса, жану тоқтайды.

Жанып жатқан тротилді сөндіру үшін көп мөлшерде су қажет. Су жанып жатқан аумақтың бәріне жеткілікті болу керек. Тротилді судың аз мөлшерімен сөндіру тиімсіз. Тротилдің жарылыссыз жанатынын ескере отырып, оны сөндіру үшін жоғарыда айтылып кеткен өртсөндіргіш бұйымдардың (құм, киізден басқаның) барлығын қолдануға болады.

Тетрил, тэн және гексоген өте жылдам жанады. Әдетте, сумен сөндіріледі. Бірақ тетрил, тэн мен гексогеннің 150°C -ден жоғары температурада ыдырау қасиеті және олардың жануының детонацияға жеңіл ауысуы бұл заттардың айтарлықтай мөлшері жанып жатқан ғимаратта адамның болуына жол бермейді.

Тетрил, тэн мен гексогеннің көп мөлшерінің жануы кезінде ғимаратты тастап, барынша алыс жерге кету керек. Сөндіру процесі спринклерлі (автоматты түрде су шашатын қондырғы) немесе дренчерлік жүйе көмегімен жүзеге асуы тиіс.

Жанып жатқан тетрил, тэн мен гексогенге суды тез жіберу арқылы сөндіру процесін нәтижелі орындауға болады. Өрт ошағын жою үшін отқа жақын орналасқан тетрил қабаттарының ыдырау температурасына дейін қызып кетуін болдырмайтын су мөлшерін жіберу қажет. Өртсөндіргіштер арқылы осындай жарылғыш заттардың тек аз ғана мөлшерін сөндіруге болады.

Пикрин қышқылы да тротил секілді түтінді жалынмен жанады, сумен сөндіріледі. Өртті жою үшін от ошағына судың көп мөлшерін беру керек.

Аммиак селитрасы, тротил, ксилит және басқа ЖЗ негізіндегі аммиак-селитралы ЖЗ сумен тиімді сөндіріледі, су селитраны ерітіп, ЖЗ-ны жануды қолдайтын компонентінен айырады.

Ұнтақталған күйінде аммиак-селитралы ЖЗ өте тез жанады, сондықтан сөндіру кезінде тез қимылдау керек. Бұл ЖЗ тудырған өртті жою көптеген қиындық тудырады.

Оқ-дәрі қарқынды түрде жанады және оларды сумен өшіру тек автоматты түрде су шашатын спринклерлі және дренчерлі қондырғылар арқылы жүзеге асады.

Оқ-дәрінің айтарлықтай мөлшері жанып жатқанда, ғимаратты тастап кету керек.

Иницирлеуші ЖЗ жану процесінің детонацияға өте тез ауысуымен сипатталады. Шикі күркіреуік сынаптың жануы кезінде жұмысшылар ғимараттан шығу керек.

Құрамында алюминий немесе магний бар қоспалар немесе ЖЗ-ны сумен сөндіруге ешқашан болмайды, себебі су олармен реакцияға түсіп, жалынның қарқындылығын арттырады. Ондай ЖЗ жанып жатқанда тек өртсөндіргіш құрылғылармен, құрғақ мұзбен немесе баллондағы көмірқышқыл газымен ғана сөндіруге болады.

7.9. Жарылғыш заттарды жою тәсілдері

Белгілі бір себептермен жарылыс жұмыстарына жарамсыз болып қалған барлық жарылғыш материалдар (ЖМ) жойылады. Бірыңғай қауіпсіздік ережелері бойынша ЖЗ-ны жару, жағу және суға батыру немесе суда еріту арқылы жоюға болады. Бұл тәсілдердің қолданылуы ЖМ-ның қасиеттері мен қабілеттілігіне тәуелді. Суда ерімейтін ЖЗ-ны суға батыру арқылы жоюға болмайды, детонацияға қабілетсіз немесе оны жоғалтқан ЖЗ-ны жаруға болмайды. Сондай-ақ жару кезінде детонацияға ұшырайтын ЖЗ-ны жағуға болмайды.

ЖЗ-ны жоюдың анағұрлым қарапайым тәсілі оларды жару болып саналады. Жарылысқа қабілетті ЖЗ-ны осындай тәсілмен жою керек. Нашар детонацияланатын ЖЗ-ға (мысалы, аса ылғалданған ЖЗ) детонацияға сезімтал ашық зарядтардағы ЖЗ-ны қосу ұсынылады. Тек жару арқылы капсюль-детонатор, электрлі детонатор, детонирлеуші шнур және шашка-детонаторлар жойылады. ҚД және ЭД-ны кез келген қаптамада жерге көмілген түрде жоюға рұқсат етіледі. Жойылатын ЖЗ-ның зарядтары тек қауіптілігі төмен тұтандыру құралымен иницирленеді. Ол үшін электрлік болмағанда отты тәсіл қолданылады. Жағу арқылы жарылысқа ұшырамайтын тұтандырғыш құралдары мен ЖЗ

жойылады. Детонаторларды мұндай тәсілмен жоюға тыйым салынады.

Детонацияға қабілетсіз детонирлеуші шнур ЖЗ-дан бөлек жағылады. Жағу немесе өртеу арқылы ЖЗ-ны жою кезінде жанудың детонацияға өтуіне қарсы шаралар қолданылады. Ол үшін бір мезетте жағылатын ЖЗ-ның мөлшерін шектейді, тығынын ашады және де оны топырақ бетіне жинақтайды, оған КД, ЭД, ДШ, шашка-детонатор және басқа да жану кезінде детонация тудыратын ЖЗ қатысуына жол берілмейді.

ЖЗ-ны жағу кезінде олар қаптамадан алынады, ал ЖЗ патрондары патроннан аршылып алынады. ЖЗ-ны жеке жолға ені 0,5-0,6 м болатын себілген қабатпен жағады. Жолдың қалыңдығы 20 см-ден аспау керек және ЖЗ-ның жануға қабілеттілігін және жанудың детонацияға өтуге бейімділігін ескере отырып таңдалады. Бір уақытта бір-бірінен детонацияның берілуі қауіпсіз болатындай арақашықтықта орналастырылған бірнеше жолды жағуға болады. ЖЗ-ны жолда жағу үшін ыдыс қалдықтарын пайдалануға болады немесе дизель отынының, мұнай майының азырақ мөлшерін құяды.

Әрбір ЖЗ немесе тұтандырғыш құрал жеке алаңшада жойылады. ЖЗ-дан қалған ыдысты бөлек өртеу керек.

ЖЗ-ны жоюдың анағұрлым қауіпсіз әдісі оларды суда еріту немесе батыру болып табылады. Бірақ бұл су қоймаларының ластануына әкеледі және оларды улы заттар тасталғандықтан басқа мақсатта пайдалануға жарамсыз етеді. Ереже бойынша тек суда еритін ЖЗ-ны еріту арқылы ғана жоюға болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Жарылғыш заттар дайындалатын және өңделетін ғимараттарға қойылатын жалпы талаптар.
2. ЖЗ-мен жұмыс кезіндегі техника қауіпсіздігінің жалпы талаптары.
3. Жарылысқа қауіпті нысандардан қауіпсіз арақашықтықты анықтау.
4. Өрттің алдын алу шаралары.
5. Өрт сөндіру құралдары.
6. Жанғыш жарылғыш емес заттарды сөндіру.
7. Жарылғыш заттарды сөндіру.
8. Жарылғыш заттарды жою тәсілдері.

ЭДЕБИЕТТЕР

1. Буллер М.Ф. Промышленные взрывчатые вещества. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2009. – 226 с.
2. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 397 с.
3. Мартынов В.Г., Комащенко В.И., Белин В.А., Исмаилов Т.Т. Технология взрывных работ. – М.: Студент, 2011. – 439 с.
4. Андреев В.В., Гуськов А.В., Милевский К.Е., Слесарева Е.Ю. Высокоэнергетические материалы. – Новосибирск: НГТУ, 2013. – 324 с.
5. Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. – М.: Машиностроение, 1972. – 205 с.
6. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах. – М.: Недра, 1980. – 455 с.
7. Дубнов Л.В., Бахареvич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. – М.: Недра, 1973. – 320 с.
8. Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. – М.: Химия, 1982. – 311 с.
9. Светлов Б.С., Яременко Н.Е. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. – М.: Недра, 1973. – 216 с.
10. Ремпель Г.Г., Ликин В.А. Безопасность труда при работе с взрывчатыми веществами. – М.: Оборонгиз, 1963. – 62 с.
11. Поздняков З.Г., Росси Б.Д. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрыва. – М.: Недра, 1977. – 253 с.
12. Покровский Г.И. Взрыв. – М.: Недра, 1980. – 190 с.
13. Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизируемых боеприпасов: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Ю.Г. Щукина. – М.: Недра, 1998. – 319 с.

14. *Забелин Л.В., Гафиятуллин Р.В., Кузмицкий Г.Э.* Защита окружающей среды в производстве порохов и твердых ракетных топлив. – М.: ООО «Недра-бизнесцентр», 2002. – 174 с.
15. *Соболев В.В.* Технология и безопасность выполнения взрывных работ (краткий курс лекций): учебник. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2008. – 164 с.

Оқу басылымы

Кудьярова Жанар Баймаханқызы

**ӨНДІРІСТІК
ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАР**

Оқу құралы

Редакторы *К. Сәбит*
Компьютерде беттеген және
мұқабасын көркемдеген *Ғ. Қалиева*

В оформлении обложки использованы фотографии с сайтов
www.voda.com

ИБ № 8296

Басуға 04.06.2015 жылы қол қойылды. Пішімі 60x84 ¹/₁₆.
Көлемі 9,81 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс. Тапсырыс № 1276.
Таралымы 150 дана. Бағасы келісімді.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
«Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйі баспаханасында басылды