ҚАЗ ҰТУ

Т.И. Игбаев

# ЖАРЫЛЫС ҚУАТЫНЫҢ ҚОЛДАНЫСЫ



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ**
**БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ**
**ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Т.М. ИГБАЕВ**

# ЖАРЫЛЫС ҚУАТЫНЫҢ ҚОЛДАНЫСЫ

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

АЛМАТЫ 2011

ЖОК 662(075.8)
ББК 24.54я73
И 22

И 22 **Игбаев Т.М.** Жарылыс қуатының қолданысы: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2011. 143 б.
Кесте – 6. Сурет – 18. Әдебиеттер тізімі – 19 атау.

ISBN 978 – 601 – 228 – 308 – 2

*Оқу құралы 4 бөлімнен тұрады. Алдымен жарылғыш заттарға жалпы түсінік және теориялық тұжырымдарынан, жарылыс кезіндегі физика-химиялық әрекеттері мен құбылыстарына, оның қолданылуына сипаттама берілген. «Жарылыс құралдары тарауында – жарылғыш заттардың қолданылуы және олардың әрқайсысымен қалай дұрыс жұмыс істеу керектігі қамтылған. «Оқтаманы жару тәсілдері» тарауында жару жұмыстарын ұйымдастырумен қатар, әр оқтаманы тиімді пайдалану жайлы айтылады.*

*Оқу құралының мақсаты – жарылғыш заттар және оларды дұрыс қолдану мен оларды өндіру технологиясын жете меңгеру. Сонымен қатар, жарылыс қуатын қолдана отырып, кен жынысын қажетті көлемде ұсақтау арқылы тиеп-тасымалдау жұмыстарын жеңілдету.*

*Оқу құралы «Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясың мамандығы бойынша, сонымен қатар мұнай-газ, геологиялық барлау, машинажасау, тау-кен институттарының студенттері мен магистранттарының білімдерін жетілдіруге ықпал етеді.*

ББК 24.54я73

Пікір жазғандар: *Ғ.Б. Бегалинв* – техн.ғыл.докт., профессор, ҚазҰТУ;
*Ә.О. Әлібаев* – техн.ғыл.докт., профессор, ҚазҰТУ;
*Н. Жалғасұлы* – техн.ғыл.докт., профессор;
Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты;
*П.Ж. Жүнісбеков* – техн.ғыл.докт., профессор,
ҚазҰАУ.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
2011 жылғы жоспары бойынша басылды.

ISBN 978 – 601 – 228 – 308 – 2

© Игбаев Т.М. 2011
© ҚазҰТУ, 2011

## АЛҒЫ СӨЗ

Жер қойнауында қатты кен қазу жұмыстарының, яғни басты кен өндіру үрдісінде (кенді қазу, ұсатылған кенді тасымалдау және тау қысымына басқару) жарылғыш заттар қолданылады. Бұлардың ішінде жарылғыш заттармен металды, кендерді қазу мүмкін емес. Өйткені, пайдалы бөліктер: металдары (немесе химиялық элементтер) бар тасты – *кен* дейміз. Егер қаттылықтың бәрі таспен баламаланатындығын ескерсек, тасты қайламен, лом балғамен, сүйменмен (шұқылап, шауып, ұрып) уатып шығу мүмкін емес. Демек, кен қазуда жарылғыш заттарды пайдалану – кен өндірудегі бірден-бір мүмкіндік. Себебі, оның құрамындағы энергия өте көп мөлшерде жарылыс кезінде босап шығып, өзін қоршаған қия тастарды талқандайды (уатады, қопсытады, т.б.). Сөйтіп, жарылғыш заттар кен өндірудің басты үрдісінде бір кенді уатуда 100 % -ға дейін қолданылады.

Көмір сияқты, жұмсақ кенді қазғанда да жарылғыш зат пайдаланылады. Демек, бүтін кен қазу ісінің (әсіресе жерасты тәсілінде) кенді уату, яғни бұрғы-жарылыс үрдісінің ауырлық жағынан жалпы кен өндіру жұмысының (басты үдірістер) 60–70% алар болсақ, бұл жарылғыш заттарды қолдану нәтижесінде, жұмыс өнімділігін арттырудағы қол жеткен нәтиже.

«Жарылыс қуатының қолданысы» оқу құралының басты мақсаты – кен ісінде қолданылатын жарылғыш заттар қуаты бойынша, оның теориясынан мағлұмат беру. Сонымен қатар, оны пайдалану әдісін, жару тәсілдерін өндірістік жағдайда пайдалану аясы да қамтылады. Яғни, жарылғыш заттарды

қолдануға қажетті түрлі бұрғылық тәсілдер – бұрғылап жару жұмысымен байланыстыру.

Демек, оқу құралы алдымен жарылғыш материалдар туралы жалпы түсінік, теориялық тұжырымдарынан жарылыс кезіндегі физика-химиялық әрекеттерге, оның қолданылуына сипаттама беру. Осыған орай, «Жарылыс құралдарына» арналған тарау – жару жұмысын іске асыру мәселесіне арналған. «Бұрғы жарылыс жұмысында» қарастырылатын жарылғыш заттарды даярлау, яғни оқтама даярлау және оларды жару – дәлірек айтсақ, бұл қиятасты ұсақтау үрдісі деп қарастыру керек. Сөйтіп, жарылғыш зат қуатын анықтау тәсілдері, нақты есептеулер арқылы кен қазу ісіндегі басты жұмыс орындарымен байланыстырылады.

# 1- бөлім. ЖАРЫЛҒЫШ МАТЕРИАЛДАР

## 1.1. Жарылыс қуатының теориясы

**Жарылыс – шектелген көлем ішіндегі көп энергияның лезде бөліну процесі.** Жалпы алғанда, жарылыс (взрыв) деген сөздің мағынасы – арнаулы заттың ішінде тұнып тұрған күштің (қуаттың) кенеттен сыртқа шығып, тас-талқан болуы деп түсінуге болады. Жарылыс – *физикалық, химиялық, ядролық* болып бөлінеді.

*Физикалық жарылыстан* – заттың тек физикалық күйі өзгереді (мысалы, бу қазандарының сығылған газдық, жерге ағылған метеориттердің жарылысы, т.б.). Мысалы, судың буға айналуын және сол будың одан әрі қызып, көлемінің ұлғаюы нәтижесінде жабық қазандардың жарылып кетуі. Міне, бұл – физикалық жарылыс болып есептеледі.

*Химиялық жарылыста* – заттың химиялық күйі тез өзгергенде, молекулааралық байланысқа энергиясы жылу түрінде бөлініп, ол газ күйіндегі өнімге айналағанымен, бірақ атомдардың құрылыстары өзгермейді.

*Ядролық жарылыста* – атом ядросы басқа элементарлық зат ядросына айналуы кезінде, элементар бөлшектерді байланыстыратын энергия бөледі. Мұнда атомның ядросында тұнып жатқан қуат (энергия) кенеттен сыртқа шығады. Ядродағы қуаттың мөлшері өте көп болғандықтан, ядролық жарылыстың күшіне ешнәрсе теңдесе алмайды. Мысалы, химиялық жарылыстар кезінде температура 3–5000$^0$C шамасында болса, ядролық жарылыстар кезінде температура бірнеше млн градусқа дейін барады. Химиялық жарылыстың күшін оңай мөлшерлеп, оны әр түрлі жағдайда қолдануға болады.

Өндірісте химиялық жарылғыш заттарды қолданатындықтан, химиялық жарылыс негізінен, кен ісінде кеңінен қолданылады. Сөйтіп, *жарылыс* дегеніміз – химиялық реакция нәтижесінде көп газ бен асқан қызудың кенеттен пайда болуы. Былайша айтқанда, жарылыста негізгі үш түрлі өзгешелік бар: 1) химиялық реакцияның

өте жылдамдығы; 2) жылудың аса көп бөлінуі; 3) газдардың өте көп пайда болуы.

Сыртқы әсердің ықпалымен жарылыс беретін химиялық заттарды (не бірнеше заттардың қосындысын) – *жарылғыш заттар* деп атаймыз. Демек, жарылғыш заттар – белгілі бір әрекеттер ықпалынан, бастапқы импульста жоғары жылдамдықпен, басқа күйге не затқа айналатын химиялық жүйелер. Жарылғыш заттардың әрекеті – газдар, 1 кг жарылғыш зат жарылғанда шамамен 1000 $м^3$ газ бөлінеді, жылу мөлшері 500–1500 ккал (2,1-6,3 МДЖ), жарылыс жылдамдығының тербелісі 100-ден 10000 м/с-ге дейін жетеді.

Өндірісте қолданылатын жарылғыш заттар – қатты заттар немесе қатты зат пен сұйық заттың қосындысынан тұрады. Сондықтан, көлемі 1л (салмағы 1 кг шамасында) жарылғыш зат жарылыстан кейін 600–1000 л газ бөледі былайша айтқанда, оның көлемі мыңға жақын өседі. Жарылыс кезінде 1 кг жарылғыш зат 500–1700 ккал жылулық береді. Ал жаңадан пайда болған газдардың температурасы 2–4,5000$^0$С-қа дейін барады. Бұл температураның ықпалымен газдардың көлемі тағы да ондаған есе өседі. Егер жарылғыш зат жабық қуыста (шпурда, скважинада) жарылса, онда газдардың көлемі емес, қысымы өседі. Бұл қысым 30–40 мың атмосфера (кейде одан да көп) шамасында болады. Осы қысымның әсерінен, таужыныстарындағы соққы толқыны пайда болады. Бұл соққы толқыны мен қуысты кернеп тұрған газ, маңайындағы таужыныстарын талқандайды.

Өндірісте қолданылатын жарылғыш заттар жанғыш элементтер (көміртегі, сутегі) мен оттегіне (кислородқа) бай бөліктерден, көбінесе азотпен байланысқан оттегінен құралады. Олар жарылған кезде жанғыш элементтер оттегімен қосылып, тотығу реакциясы жүзеге асырылады. Сондықтан, химиялық жағынан жарылыс процесі ағаш пен сол сияқты заттардың жану процестеріне ұқсас. Яғни, жану мен жарылыс арасындағы айырмалар өте көп, олардың ең негізгілері мыналар:

1) жарылыс процесі бір мезетте (бір сек ішінде 3–8 мың м жылдамдықпен) өтеді, ал жану жылдамдығы бір секундта оншақты метр ғана;

2) отын жанған мезгілде оттегі ауадан алынады, ал жарылысқа керекті оттегі оның құрамында болатындықтан, жарылғыш зат ауа жоқ жерде де жарыла береді.

Жарылыс реакциясы аса жылдам жүретіндіктен, оның қуаты (мощность) өте күшті. Мұны дәлелдеу үшін 1 кг жарылғыш зат күшін есептелік. 1кг жарылғыш зат 900 ккал жылулық береді және 0,0005 сек ішінде толық жарылады деп алсақ, онда бұл жарылғыш зат қуаты төмендегі жолмен есептеледі:

$$\text{□óàò} = \frac{\text{æûëóëû□ (êêàë) õ427}}{\text{102õ óà□ûò(ñåê)}} = \frac{900\text{x}427}{102\text{x}0{,}0005} = 75\,\text{ìëí êâò.}$$

Жарылыс кезінде күштің бәрі толық пайдаланылмайды. Іс жүзінде таужыныстарын бұзуға бұл қуаттың 5–7% пайдаланылады.

Жарылғыш зат ішіндегі оттегі азот, басқа да элементтермен байланысқан қатты зат түрінде болады. Сондықтан, жарылғыш зат көлемі көп болмайды (олардың тығыздығы 1–1,5 г/см$^3$). 1 кг жарылғыш зат орта есеппен 1л шамасында ғана орын алатындықтан, оның көлемдік қуаты көп болады. Мысалы, 1л жарылғыш зат 1000 ккал жылулық берсе, 1 л жанатын көміртегі мен оттегінің қосындысы 4 ккал ғана жылулық береді (газ түріндегі оттегі, ауадан алынатындықтан, қосындының тығыздығы өте аз болады). Осының салдарынан жарылғыш заттар қуысқа сыйып, өте көп күш туғыза алады.

Жарылғыш заттың ыдырау реакциясына бірнеше мысал келтіріп, олардың ерекшеліктерін атап көрсетелік:

нитроглицерин

$$C_3H_5(ONO_2)_3 \rightarrow 3CO_2+2{,}5H_2O+1{,}5N_2+ 0.25O_2 + \\ + 333200 \text{ ккал } (1400 \text{ Мдж})$$

аммиак селитрасы

$$NH_4\,NO_3 \rightarrow 2H_2O+N_2+0.5O_2+29000 \text{ ккал } (121 \text{ Мдж})$$

нитрогликоль * 1000 ккал =4.1868 Мдж

$$C_3H_4(ONO_2)_2 \rightarrow 2CO_2+H_2O+N_2+236500 \text{ ккал } (990 \text{ Мдж})$$

(79 %) аммиактық селитра және (21 %) тротилден тұратын №6 ЖВ қоспа аммонит.

$$C_6H_2(ONO_2)_3CH_3+10,7NH_4NO_3 \rightarrow 7CO_2+23,9H_2O+ +12,2N_2+0.1O_2+ 1078000 \text{ ккал } (4520 \text{ Мдж})$$

Тротил:

$$C_6H_2(NO_2)_3CH_3 \rightarrow 3,5CO_2+2,5H_2O+3,5N_2+4,5O_2+ +219500 \text{ ккал } (922 \text{ Мдж})$$

Қорғасын азиді:

$$PbN_6 \rightarrow Pb + 3N_2 + 107000 \text{ ккал } (448 \text{ Мдж})$$

Келтірілген жарылғыш заттың массалары мен жарылыс өнімдері киломольмен берілген. Жарылғыш заттардың жарылысы көбінесе жанғыш заттардың көміртегі, сутегі және оттегімен тотығуына негізделген.

Жарылыстың негізгі екі түрі бар:

1) жарылыстық жану – мұнда реакцияның жылдамдығы бір сек ішінде бірнеше жүз метрге жуық болады;

2) дүмпу – мұнда жарылғыш зат ішінде соққылы толқын пайда болады да, жарылыстың, реакцияның жылдамдығы бір сек ішінде бірнеше мың метрге жетеді.

*Соққылы толқын* дегеніміз – кенеттен өскен қысымның дыбыс жылдамдығынан шапшаң түрде тарауы. Соққылы толқынды және онымен бірге ілесіп отыратын химиялық реакция аймағын – *детонациялық толқын* деп атайды.

Гидродинамикалық теория бойынша дүмпу кезінде, соққылы толқын алдындағы қысымның амплитудасы, белгілі бір мөлшерден асқанда осы толқынның ізімен химиялық реакция тудырып, жарылыстан (реакциядан) пайда болған қызған газдар толқынды қуа жүріп отырады.

Сыртқы факторлардың әсеріне байланысты детонация – толық немесе нашар түрде өтуі мүмкін. Кейде детонацияның оңай сөнуі де ықтимал. Жарылғыш зат тығыздығы өскен сайын (арнаулы мөлшерге дейін), детонацияның шапшаңдығы да өсе бастайды.

Жарылғыш зат патрондарының диаметрі өскен сайын, детонация жылдамдығы да өсе бастайды. Егер жарылғыш зат диаметрі қалыпты мөлшерден кем болса, онда детонация мүмкін

емес. Детонацияның пайда болуына керекті ең аз диаметрді – *критикалық диаметр* деп атайды. Бұл диаметрдің мөлшері, оның химиялық құрылыстарына байланысты. Детонацияның ойдағыдай өтуіне, бастапқы импульстің де маңызы бар.

*Бастапқы импульс* дегеніміз – жарылыстың (детонацияның) пайда болуына себеп болатын сыртқы әсер (қатты соққы не өте күшті қызу). Бастапқы импульс, жарылғыш заттың азғана жерінде (бөлшегінде) детонация туғызады. Осы аз бөлшектен жарылыстың химиялық реакциясының арқасында пайда болған қуатты – детонацияны одан әрі өрістетеді. Былайша айтқанда, толқыннан – толқын туған сияқты, детонациядан – детонация туып отырады.

Жарылыстың химиялық реакциясы жанғыш элементтердің оттегімен қосылуына байланысты болғандықтан, жарылғыш зат ішіндегі оттегінің шамасы белгілі мөлшерде болуы қажет. Тек сонда ғана, жарылыстық реакция ойдағыдай өтеді.

Жарылғыш зат ішіндегі жалпы оттегі мөлшерімен, жанғыш элементтердің толық жануына керекті (көміртегінің $CO_2$-ге айналуына, сутегінің $H_2O$-ға айналуына керекті) оттегі мөлшерлерінің айырмасын – жарылғыш заттың *оттектік балансы* деп атайды. Бұл айырма пайыз жүзінде белгіленіп, теріс (отрицательный), оң (положительный) және нөлдік (0) араларында болуы мүмкін.

Егер жарылғыш зат ішіндегі оттегі атомдарының саны тек көміртегі $CO_2$-ға, ал сутегін суға (буға) айналдыруға ғана жеткілікті болса, онда жарылғыш зат нөлдік кислородтық баланста болғаны. Егер $CO_2$ және $H_2O$ жасауға жеткіліксіз болса, онда жарылғыш заттың теріс оттекті балансы болғаны. Егер $CO_2$ және $H_2O$ жасалып болғаннан кейін артық оттегі атомдары қалса, онда жарылғыш заттың оттекті балансы – оң болғаны.

Оттекті баланстың шамасы – жеткіліксіз немесе артық оттегі атомдары салмағының, жалпы реакцияға қатысатын заттардың салмағына қатынасы ретінде белгіленеді.

Кен өндірісінде нөл не болмаса соған жақын оттекті балансы бар жарылғыш зат қолданылады. Өйткені, бұл

жағдайда жарылғыш зат қуаты күшті, ал улы газдардың шамасы аз болады. Егер ол екі заттың қосындысынан жасалып, олардың біреуі – жанғыш элементтерге, ал екіншісі – оттегіге бай болса, онда оның нөлдік оттекті байланысын алу үшін төмендегі теңдік орындалуы керек.

$$2a + \frac{b}{2} - d = m\left(d_1 - 2a_1 - \frac{b_1}{2}\right); \qquad (1.1)$$

мұндағы *a, b, d* – жанғыш элементтерге бай заттағы көміртегінің (*a*), сутегі (*b*) мен оттегінің (*d*) атом сандары;

$a_1$, $b_1$, $d_1$ – оттегіге бай заттағы көміртегі ($a_1$), сутегі ($b_1$) және оттегінің ($d_1$) атом сандары;

m – оттегіге бай заттың молекула саны.

Оттегіге бай өндірістік жарылғыш зат ретінде көбінесе аммияк селитрасы ($NH_4NO_3$) қолданылады. Бұл затта оттегінің бір ғана атомы артық (екі атомды сутегі алады). Бұл жағдайда, жоғарыда жазылған теңдік төмендегі түрге көшеді.

$$m = 2a + \frac{b}{2} - d\ .$$

Бір ғана химиялық заттан тұратын жарылғыш заттың жарылыс реакциясын төмендегі түрде жазуға болады.

$$C_aH_bN_cO_d = aCO_2 + \frac{b}{2}H_2O + \frac{c}{2}N_2 + \frac{1}{2}\left(d - \frac{b}{2} - 2a\right)O_2\ . \qquad (1.3)$$

Екі заттың қосындысынан жасалған жарылғыш заттың жарылыс реакциясы төмендегідей.

$$C_aH_bN_cO_d + mC_{a_1}H_{b_1}N_{c_1}O_{d_1} = n_1CO_2 + n_2H_2O + n_3N_2 + n_4O_2\ . \qquad (1.4)$$

мұндағы $n_1$, $n_2$, $n_3$, $n_4$ – молекулаларының саны, жарылыстан кейін пайда болатын газ.

Жарылыс реакцияларында (1.3-1.4) улы газдар (CO және $NO_2$) жоқ. Өйткені, нөлдік оттектік балансы бар жарылғыш зат реакциясы, жылылықты көп шығару принциптеріне бағынады. Сондықтан, жарылыс нәтижесінде $CO_2$ мен $H_2O$ (бу) құралады да, азот пен оттегі бөлініп шығады. Азот оттегімен өзінен-өзі қосылмайды, олардың қосылуы – сырттан жылу келгенде ғана (22 ккал/моль) жүзеге асырылады.

Дегенмен, жарылыс кезінде улы газдар пайда болады. Олар жарылыс нәтижесінде пайда болған қызған газдардың өзара, екінші рет реакцияға түсуіне байланысты. Қатты қысыммен жоғарғы температурада ($> 2000^0$) көмір қышқыл газы ($CO_2$ ) диссоцияланып (екіге бөлінетін), бос азот оттегімен реакцияға түседі. Қызған газдардың екінші реакциялары бірнеше сатылы болуы мүмкін. Бірақ, олардың негізгі реакцияларын қысқартып, төмендегі түрде жазуға болады.

$$2CO_2 \rightarrow 2CO+O_2 \qquad (1.5)$$

$$N_2+ O_2 \rightarrow 2NO \qquad (1.6)$$

$$2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2 \qquad (1.7)$$

Сонымен, оттекті балансы нөлге тең жарылғыш зат жарылғанда да, улы газдар (CO, NO, $NO_2$) шығуы мүмкін. Бірақ оттекті балансы нөлге жақын жарылғыш зат, улы газдарды әлдеқайда аз шығарады. Ал оттекті балансы теріс шамадағы жарылғыш зат, улы (CO) газды көп шығарады. Оттекті балансы өте көп (оң шамада) болса, онда улы ($NO_2$) газдары басым болады. Сондықтан, тау-кен өндірісінде көбінесе нөлге жақын оттекті балансы бар жарылғыш зат қолданылады.

## 1.2. Жарылыс қуатының әрекеттері

*Негізгі түсініктер:* жарылысқа дайындалған жарылғыш заттың арнаулы бөлігін – *заряд* деп атайды. Зарядқа арналған жарылғыш зат салмағын – *зарядтың шамасы* деп атайды. Зарядтар – *сыртқы* және *ішкі* болып екі түрге бөлінеді.

Сыртқы заряд – көбінесе үлкен кесекті (түйе тасты) талқандау үшін қолданылады да, сол бұзылатын кесектің сыртына (үстіне) орналастырылады. Ішкі заряд – таужыныстарының ішіне салынады. Ішкі зарядтар – *ұзын* және *топталған* болып екі түрге бөлінеді.

Топталған зарядтардың сырт формасы шарға, текшеге немесе төртбұрышты параллелепипедке ұқсас болады. Егер формасы цилиндрге ұқсаған зарядтың диаметрі 5 есе кем болса ($l < 5d$), ондай зарядты да, топталған заряд деп санауға болады.

*Ұзын заряд* дегеніміз – формасы цилиндрге ұқсас және оның ұзындығы диамерінен 5 есе артық (және одан да көп) заряд. Ұзын зарядтар шпурдың не скважинаның ішіне салынады. Осыған сай, жарылыс жұмыстары – скважиналық заряд немесе шпурлық заряд әдісі деп аталады.

Топталған зарядтар арнаулы тау қазбаларының (камералардың) немесе котельдердің (арнаулы қуыстардың) ішіне салынады. *Котель* дегеніміз – азғантай зарядты жару арқылы шпур мен скважинаның түбінде жасалған кеңістік (қуыс).

Зарядтың орналастырылуына сәйкес жару жұмыстарының әдістері – *камералық заряд әдісі* және *котельдік заряд әдісі* деп бөлінеді.

Тау қазбалары мен шпурмен скважиналардың заряд салуға арналған заряд бөлігі – *камера* деп аталады. Ал зарядтық камераға жарылғыш зат пен жарылыс құралдарын орналастыру – *зарядтау жұмысы* деп аталады. Заряд көлемімің, зарядтық камераның көлеміне қатысы – *зарядтау коэффициенті* болады. Заряд салмағының зарядтық камераның көлеміне қатысы – *зарядтау тығыздығы* деп аталады.

Скважинаны не шпурды зарядтап болғаннан кейін, олардың зарядтан бос қалған ауыз жағы жанбайтын құм-топырақ сияқты заттармен, былайша айтқанда, тығындау (забойкалық) материалдармен толтырылады. Скважина немесе шпурға забойкалық материалдарды орналастыру жұмыстарын – *забойкалау* немесе *тығыздау* жұмыстары деп атайды.

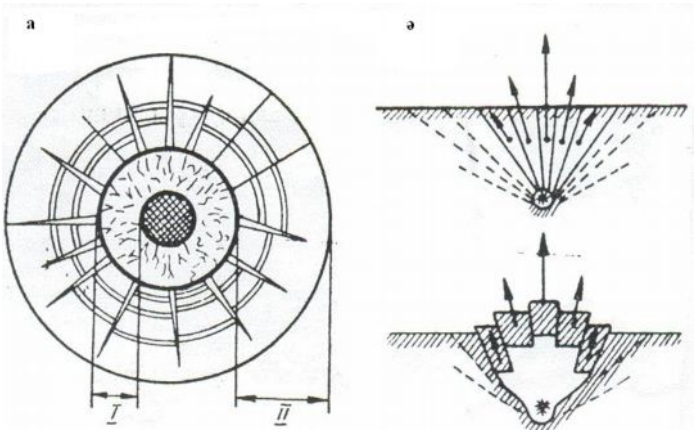
Жарылғыш зат жарылған мезгілде забойкаға жарылыс газдарының ертерек сыртқа шығуына бөгет жасап, детонацияның толық болуына себепкер болады. Өйткені, тұйық (жабық) қуыстың ішіне жарылғыш зат жақсы детонацияланады. Забойка жақсы болса, жарылыстың әсері күшейіп, улы газдардың шамасы азаяды.

Зарядтар тұтас және бөлініп қолданылуы мүмкін. Бөлінген заряд, көбіне скважиналық зарядтарда кездеседі. Бұл жағдайда, скважинаның ішіне жарылғыш зат пен забойка кезек салынып, ұзын заряд забойка арқылы бірнеше рет үзіліп отырады.

Жарылыс кезінде зарядтың таужыныстарына тигізетін әсері (әрекеті) туралы қабылданған тиянақты пікір әлі жоқ, тек жеке адамдардың ғана бірнеше болжаулары бар. Бұл болжауларды (жарылыс теорияларын) – *газдық* және *толқындық* деп екі топқа бөлуге болады. Газдық теориялар бойынша тың жатқан таужыныстары жарылыс кезінде газдың күшімен ғана бұзылады да, бұзылыс зарядтың маңайынан басталып, сыртқа дейін жетеді Толқындық теориялардың түсіндіруі бойынша, жарылыс кезінде газ көлемінің кенеттен өсуі арқылы шпур мен скважиналардың іргелеріне қатты соққы беріліп, таужыныстары осы соққының дүмпуінен пайда болған толқынмен (қысым толқынымен) бұзылады.

Зарядтың әрекеті туралы айтылып жүрген әр түрлі пікірлер ішіндегі көңілге қонымдысы, профессор Г.И. Покровский мен осыған ұқсас проф. А.Н. Ханукаевтың теориясы. Профессор Г.И. Покровскийдің пікірі бойынша, жұмсақ таужыныстарындағы заряд қысымы – газдық теорияға, ал қатты таужыныстарындағы заряд қимылы – толқындық теорияға бағынады.

Қатты таужыныстарында жарылыстан кейін пайда болған қысым толқыны, заряд маңайындағы таужыныстарын күл-талқан қылып, қирату (раздавливание) аймағын жасайды. Бірақ бұл аймақтың көлемі онша үлкен емес (1.1а-сурет). Өйткені, зарядтан алыстаған сайын, қысым толқынының күші азая бастайды да, біраздан кейін оның мөлшері – таужынысының жаншылуға көрсететін қарсылығынан кем болмайды. Бұдан кейін таужынысы деформациясының түрі де өзгереді. Енді соққы толқынының күші, таужыныстарын жарықшақтандыруға ғана жетеді. Сөйтіп, жарықшақтандыру зонасы пайда болады (1.1а-сурет). Бұдан әрі қысым толқынының шамасы (күші) өте азайып, ол тек таужыныстарын тербетуге ғана жетіп, теңселу зонасы пайда болады.



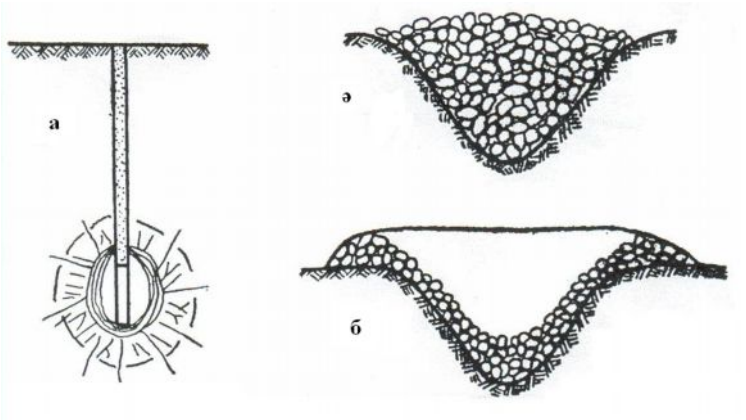

1.1-сурет. Жарылыс күші, таужыныстарын лақтырмайды (а); тек көтереді (ә)

Жұмсақ таужыныстарында (топырақ, құм, т.б.) газдың ықпалымен таужыныстары жоғары көтеріледі де, жеке-жеке конус ретінде радиус бойынша жылжи бастайды (1.1ә-сурет). Мұнда таужыныстарын бұзуға онша көп күш жұмсалмайды, ал таужыныстарын көтеріп лақтыру үшін едәуір күш керек. Жарылыс күші (заряд шамасы) аз болған кезде таужыныстары лақтырылмайды, тек біраз ғана көтеріледі. Заряд маңайында комуфлет (котель) деп аталатын қуыс пайда болады.

Егер заряд онша терең емес, жер үстіне жақын (зарядтың мөлшеріне сәйкес) салынса, онда қысым толқыны жер үстіне жеткеннен кейін, таужыныстарын одан әрі жылжыта бастайды. Сондықтан, ашық жазыққа жақын тұрған таужыныстары жарылып түсе бастайды. Былайша айтқанда, ашық жазықтыққа жеткеннен кейін қысым толқыны, соғу толқынына айналады. Таужыныстары соғудан оңай жарылатындықтан (ыдырайтын), соғу толқынының ықпалымен бұзыла бастайды. Бұл жағдайда, таужыныстарының бұзылуы (сынуы, қирауы) ашық жер үстінде басталып, зарядқа қарай тарайды. Жалпы алғанда, жарылыс

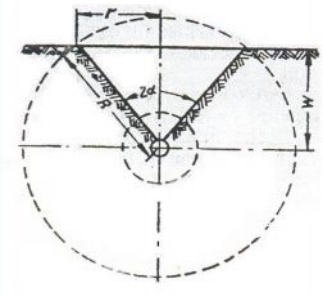
кезінде таужыныстарының бұзылуын толық түсіндіретін теория әлі жоқ. Бұл – тау-кен ғылымының шешімі жоқ мәселелерінің бірі.

Заряд қимылы – *ішкі* және *сыртқы* болып екі түрге бөлінеді. Зарядтың ішкі қимылы өте тереңге салынғанда не болмаса, оның мөлшері өте аз болған кезде ғана пайда болады. Бұл жағдайда, заряд тек өз маңайындағы таужыныстарын ғана талқандайды да, сыртқы ашық жерде заряд қимылының ізі білінбейді. Ішкі зарядтың қимылынан пайда болған комуфлет 1.2а-суретте көрсетілген.




1.2-сурет. Ішкі зарядтың қимылынан пайда болған комуфлет (а); егер заряд орташа болса қопсиды (ә) егер заряд мөлшері көп болса лақтырады (б)

Зарядтың сыртқы қимылын ашық жер үстінде көруге болады. Мұнда заряд пен ашық жазықтың арасында таужыныстарының бәрі де бұзылады. Егер заряд мөлшері орташа болса, онда тек таужыныстары қопсиды да қояды (1.2ә-сурет). Егер зарядтың мөлшері өте көп болса, онда таужыныстары қопсумен қатар, сыртқа лақтырылады (1.2б-сурет).



1.3-сурет. Оқтама маңайындағы қатты қысымдық талқандау аумағы

Топталған заряд жарылған мезгілде оның таужыныстарына тигізетін қимылы төмендегідей.

1. Оқтама маңайында қатты қысымдық, яғни таужынысын талқандау аумағы пайда болады (1.3-сурет).

2. Бірінші аумақтан кейін жарылыстың күші, тек таужыныстарын қопсытуға немесе жарықшақтандыруға ғана жетеді. Сондықтан, екінші сфераны – *жарықшақтандыру* немесе *бұзу сферасы* деп атайды.

3. Екінші аумақтан кейін жарылыс әсері едәуір азайып, таужыныстарында сілкіндіру, әрі қозғалту аумағы пайда болады.

Кен қазу жұмыстарында тек екінші бұзу сферасы ғана пайдаланылады. Егер бұл сфера ашық жерге жететін болса, онда зарядтың жарылуынан жарылыс ойығы (конус), лақтыру ойығы (1.3-сурет) пайда болады. Ойық аузының радиусын (r) – *жарылыс воронкасының радиусы* деп атайды. Ойықтың іргесін жүйелеп кететін үлкен радиусты – *зарядтың жарылыс қимылының радиусы* деп атайды.

Оқтама кіндігі мен ашық жазықтық арасындағы төте жолды (ω) – *ең қысқаша қарысу сызығы* деп атайды (линия наименьшего сопротивления).

Жарылыс шұңқыры, ойық радиусының (r) ең қысқаша қарысу сызығына (ω-л.н.с-қа) қатысымен сипатталады. Бұл қатынас, заряд қимылының көрсеткіші (n) деп аталады:

$$n = \frac{r}{w} \quad . \qquad (1.8)$$

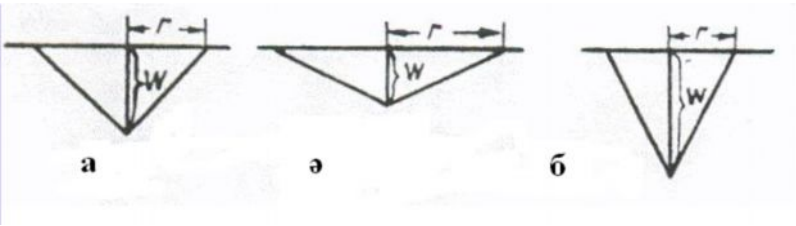
Заряд қимылы көрсеткішінің (n) мөлшеріне қарай жарылыс ойықтарын 3 түрге бөледі.

1. Нормальды лақтыру ойығы (1.4а-сурет). Мұндағы r = w

және $n = \frac{r}{w} = 1$.

Мұндай ойықты жасайтын зарядты – *нормальды лақтырғыш* заряд деп атайды.

2. Күшті лақтыру ойығы (1.4ә-сурет). Мұнда r > w және $n = \frac{r}{w} > 1$.



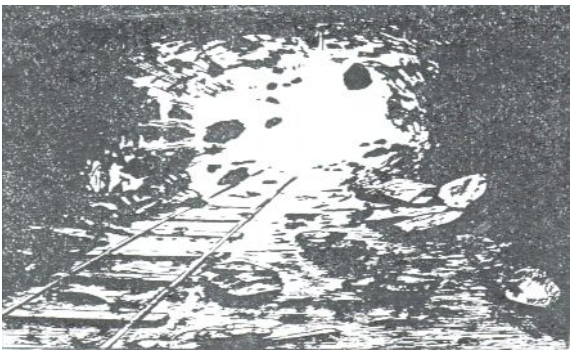

1.4-сурет. Заряд қимылы көрсеткішінің жарылыс ойықтары:
*(а) нормаль; (ә) күшті; (б) аз лақтыру*

Мұндай ойықты жасайтын зарядты – *күшті лақтырғыш заряд* деп атайды.

3. Аз лақтыру ойығы (1.4б-сурет). Мұнда r < w және $n = \frac{r}{w} < 1$.

Мұндай ойықты жасайтын зарядты – *аз лақтырғыш заряд* деп атайды.

Тау-кен өндірісінде қалыпты және нашар лақтырғыш зарядтар қолданылады n = 0,75–1,0. Өйткені, мұнда таужыныстарын алысқа лақтырмай-ақ, тек қопару, яғни бұзу ғана қажет. Аз лақтырғыш зарядтарды – қопсытқыш заряд деп те атайды. Ол жерасты кен қазуда жарылғыш затты кенді ұсақтау үшін қолданады (1.5-сурет).



1.5-сурет. Тау-кен өндірісінде нормальды, нашар лақтырғыш зарядтар

Жарылыстан кейін қолма-қол дайын қуыс болуы қажет болған жағдайда, күшті лақтырғыш зарядты қолданған жөн. Мұнда бұзылған таужыныстары жарылыс кезінде пайда болған қуыстың сыртына лақтырылып тасталады. Ал жарылыс қимылының көрсеткіші n=1,5-3 шамасында болады. Күшті лақтырғыш зарядтарына арна жасау үшін, теміржол салған кезде қырлы жерлерде ойық жасауға, т.б. мақсаттарды жүзеге асыруға қолданады.

## 1.3. Оттектік баланс және жарылыстан бөлінетін улы газдар

Өндірістік жарылғыш заттың жарылыс кезінде қарапайым молекулалар атомдарға ыдырағанда жылу бөлінеді, ал кейбір жарылғыш заттың молекулалары – тізілген кезде жұмсалады (мысалы, қорғасын азиді).

Жарылғыш заттың нөлдік оттектік балансының оң және теріс оттектік балансының ерекшелігі – оттегінің артық немесе жеткіліксіз болуына байланысты. *Нөлдік оттектік баланс* деп – жарылғыш заттың құрамына кіретін жанғыш элементтердің мүмкіндігінше толық тотықтырған кезде, оттегінің мөлшері – жарылғыш зат құрамының мөлшеріне тең болғандағы оттекті

балансты айтады. Егерде жарылғыш заттың құрамында оттегі артық болса, онда ол – оң оттекті баланс, ал егер оттегі жеткіліксіз болса – теріс оттектік баланс делінеді.

*Нитрогликоль* – нөлдік оттекті балансты жарылғыш затқа жатады, көміртегі мен сутегіні жандырғанда ғана, оттегі жеткілікті болады. Тротил – теріс оттекті балансты жарылғыш затқа жатады. Тротилді жарылыс кезінде улы газ – көміртегі тотығы мен бос көміртегі бөлінеді.

Кейбір оң немесе нөлдік оттектік балансты жарылғыш заттың жарылыс реакциясында көміртегі мен сутегі толық тотығады да, максимальды энергия бөлінеді. Оң және теріс оттектік балансқа жарылғыш заттың белгілі бір мөлшерін араластырып (тротил мен аммиак селитрасы), жоғарғы энергиялы нөлдік оттекті балансқа жататын жарылғыш зат алынады. Бұған мысал № 6 ЖВ аммонит жарылғыш қоспасы болып саналады. Одан бөлінетін потенциалдық энергия – 1030 ккал/кг, осындай уақытта бөлінетін тротилдің потенциалдық энергиясы – 1000 ккал/кг, ал аммиак селитрасы – 363 ккал/кг.

Оң оттектік балансты жарылғыш затты шығару үшін, оған жанғыш қоспалар (мысалы, аммиак селитраның минералдық майын не ағаш ұнтағын) қосу арқылы жұмыс қабілеті жоғары жарылғыш қоспа алуға болатындығы. Ал жанғыш қоспалар – жарылғыш компоненттерінде оттегінің жеткілікті болуы, көміртегі мен сутегіні жандырып, жарылғыш заттың энергиясын жоғарылатады.

Оттекті баланстың нөлдік мәні неғұрлым аз ауытқитын болса, солғұрлым жарылғыш заттың бастапқы нөлдік, оттектік балансқа қарағанда потенциалдық энергиясы біршама аз, ал улы газдардың бөлінуі көп. Оттегінің артық болуынан – біршама мөлшерде азот тотықтары, ал оттегінің жеткіліксіз болуынан, көміртегі тотығы бөлінеді.

Өндірістік жарылғыш затты даярлау үшін арнайы құрам таңдап алынады. Өйткені, оқтың (патронның) қағазы парафинделген қаптамасы (гильзасы) тұтанғанда көміртегі тотығы түзілмеуі үшін, нөлдік немесе болмашы (0,2-3%) оң оттекті баланс алынады. Гильзаның массасы шектеледі, массасы

100 г жарылғыш затты қағаз қаптамасы 3 г, ал парафині – 2,5 г-нан аспауы керек.

Жағымдылығы шамалы немесе нөлдік оттекті балансты жарылғыш зат теориялық тұрғыдан, улы газдар шығармауы керек. Практикада улы газдар жарылыс кезінде $CO_2$ диссоциация салдары немесе жарылыстың толық болмауынан (сапасыз дүмпітуші немесе жарылғыш заттың басқа да жағдайларынан), екінші – реакция салдарынан, жарылыс кезіндегі ұшпа газдар мен тикенің минералды шаңдарының араласуынан, жарылғыш заттар түзіледі. Көмірқышқыл диссоциациясы ($2CO_2 \leftrightarrow 2\,CO + O_2$) кезінде жоғары температуралы жарылыс болады. Керісінше, жоғары қысым – диссоциацияға мардымсыз болады.

Жерасты жұмыстарына қолдануға нөлдік немесе азғана оң оттектік балансты жарылғыш заттарға рұқсат етіледі. Ал болат бомбасының жарылысы кезінде көміртегі тотығы бойынша есептегенде 1 кг жарылғыш затта, жалпы мөлшері 40 $дм^3$ аспайтын улы газдар бөлінеді. Азот тотығы бойынша есептегенде көміртегі тотығы екі есе көп бөлінеді, онда азот тотығының коэффициенті – 6,5, ал күкіртті газдар – 2,5. Есептей келе, 1 $дм^3$ азот тотықтарына көміртегі тотығының улылығы – 6,5 $дм^3$, ал 1 $дм^3$ күкіртті газдарға – 2,5 $дм^3$ сай келеді.

Жарылғыш заттың оттектік балансы мына теңдеу бойынша анықталады.

$$Б_K = \frac{(N_K - N_K^1)^a}{M_{ЖЗ}} * 100\%; \qquad (1.9)$$

мұндағы $N_k$ – жарылғыш зат молекуласындағы оттегі атомының саны;

$N_k^1$ – көміртегі мен сутегінің толық тотыққан кездегі оттегі атомының саны;

а – оттегі атомының массасы;

$M_{жз}$ – жарылғыш заттың молекулярлық массасы, (кг/моль).

## 1.4. Жарылыс газдарының санын анықтау

Жарылыс газдарының саны – теориялық тұрғыдан жарылыс реакциясы негізінде, тәжірбие жолдарымен анықталады.

Теориялық жарылыс газдарының саны, Авогадро заңының негізінде анықталады. Ал келтірілген қалыпты жағдайлар (температура $0^0$ немесе 273 К және қысым 760 мм. рт. ст.), молекулярлық көлемі бірдей 22,4 $м^3$/кмоль болатын жарылыс газдарына есептеледі.

1 моль жарылғыш зат жарылғандағы газдардың көлемі:

$$V_0 = 22{,}4\sum n;$$

мұндағы Σn – барлық жарылыс газдарындағы кмольдің жалпы саны.

1 кг жарылғыш зат жарылғандағы газдардың көлемі, меншікті көлем деп аталады:

$$V_0^{/} = \frac{V_0}{M_{ЖЗ}} = \frac{22{,}4\sum n}{M_{ЖЗ}}.$$

Егер жарылған зат химиялық қосылыс емес, қоспа болса, онда меншікті көлем мына формуламен есептеледі:

$$V_0^{/} = \frac{22{,}4\sum n}{M_{ЖЗ}N_1 + M_{ЖЗ}N_2 + \ldots};$$

мұндағы $M_{жз,}$ $M_{жз,}$ т.б. – жарылғыш қосапалардың жеке компоненттерінің молекулярлық массасы, кг/моль;

$N_{1,}$ $N_{2,}$ т.б. – жарылғыш қоспалар компоненттерінің кмоль саны;

*160 мм.рт.ст. =1,033 кгс/$см^2$=1,033 ат= 101325 Н/$м^2$= 10,3 Н/$см^2$.

Σn – барлық жарылыс газдарындағы к/мольдің жалпы саны, яғни жарылыс кезінде түзілетін жарылғыш қоспалардың саны.

Егерде меншікті көлемді басқа температуралық жағдайда анықтау қажет болса, онда мына теңдік қолданылады:

$$V_t^{/} = V_0^{/}\frac{T}{273}. \qquad (1.10)$$

Мысалы, $15^0$С температурада (288К) меншікті көлем болады:

$$V_{15}^{/} = V_0^{/} \frac{228}{273} = 1{,}055 V_0^{/}.$$

**1-мысал**. кмоль аммиак селитрасындағы жарылыс өнімдерінің көлемін анықтау. Аммиак селитрасының жарылыс кезіндегі ыдырау реакциясы төмендегідей өтеді:

$$NH_4NO_3 = 2H_2O + N_2 + 0{,}5O_2$$

1 моль жарылғыш зат жарылғандағы газдардың көлемі:

$$V_0 = 22{,}4 \sum n = 22{,}4 * 3{,}5 = 78{,}4 \text{ м}^3/\text{кмоль}.$$

Жарылыс газдарының меншікті көлемі:

$$V_0^{/} = \frac{22{,}4 \sum n}{M_{жз}} = \frac{22{,}4 * 3{,}5}{80} = \frac{78{,}4}{80} = 0{,}98 \frac{м^3}{кг}.$$

Жарылғыш зат зарядын болат бомбасында жарып, бөлінген газ қысымы мен жарылыс өнімдерінің көлемін анықтауға болады. Бомба жарылғаннан кейін 60 мин тұру қажет. Өйткені, сыртқы температура мен болат сауытының қабырғасындағы температура салқындап, теңелуі қажет. Содан кейін, бомбаның ішкі қысымы өлшенеді. 1 моль газдың көлемі, қалыпты жағдайға келтірілген (қысымы 760 мм рт. ст. және 273 К температурасы) мына формуламен анықталады:

$$V_0 = \frac{VP273}{760T}; \qquad (1.11)$$

мұндағы V – бомбаның көлемі, м$^3$;

P – жарылыстан кейінгі бомбаның қысымы, мм. рт. ст;

T – бомбадағы газдардың температурасы, К;

Содан кейін су буында көлемді қоюландырады (бомбаны құрғақ ауамен желдетіп сосын хлорлы кальций ыдысы арқылы өткізеді де, суды соңғы рет жіберіп, бомбаны көтереді), есептелінген $V_0$ мәніне $\Sigma V_0$ көлемін алып, қосады.

Алынған нәтижелер бойынша буландырылған су, жарылыс газдарының меншікті көлемімен (1 кг жарылғыш зат үшін көлем) есептеледі.

$$V_0 = \frac{\sum V_0}{Q}; \qquad (1.12)$$

мұндағы Q – жарылғыш оқтамасының массасы, кг.

Бомба ішіндегі жарылғыш тығыздығын сақтау үшін бомба көлеміндегі оқтаманың массасына байланысты (немесе ыдыста жарылатын оқтама), 0,02 кг/дм$^3$ шамасында қабылданды.

### 1.5. Жарылыс жылуын анықтау

Теориялық жарылыс жылуы Г.И.Гесс заңы негізінде анықталады. Жарылыс реакциясын қолдану, бұл заң бойынша былай тұжырымдалады: жарылыс кезінде бөлінетін жылу мөлшері жарылғыш заттың жұмсалынған түзілу жылуы мен жарылыс өнімдерінің түзілу жылуының қосындысына тең, яғни:

$$Q_1 = q_1 n_1 + q_2 n_2 + \ldots - Q_n, \qquad (1.13)$$

мұндағы $Q_1$ – 1 кмоль жарылғыш зат жарылыс жылуы, ккал немесе кДж;

$q_1$, $q_2$ – әр түрлі жарылыс өнімдерінің түзілу жылуы, ккаль/моль немесе кДж/кмоль;

$n_1$ $n_2$ – жарылыс өнімдерінің кмоль саны;

$Q_n$ – 1 кмоль Ж.З. түзілу жылуы, ккал немесе кДж.

1 кг жарылғыш заттың жарылыс жылуы мына формула бойынша анықталады:

$$Q_T^{/} = \frac{Q_T}{M_{ЖЗ}};$$

1 кг жарылғыш қоспалардың жарылыс жылуы мына формуламен анықталады:

$$V_0^{/} = \frac{q_1 n_1 + q_2 n_2 + \ldots - (Q_1 N_1 + Q_2 N_2 + \ldots)}{N_1 M_{ЖЗ} + N_2 M_{ЖЗ}};$$

мұндағы $Q_{1\ 1}$, $Q_n$ ... – жарылғыш қоспалардағы әр түрлі жарылғыш компоненттердің түзелу жылуы.

Тұрақты қысым мен 15$^0$С температурадағы кейбір жарылғыш заттың жылулық түзелуі мен жарылыс өнімдері әр түрлі.

Тұрақты көлемдегі жарылыс жылуы (жарылыс кезінде газдар ұлғайғанға дейін) $Q_T$ шамасы үлкен, (1.11) формуламен есептелінген, жұмыс кезінде жұмсалған жылудың ұлғаюы $\in Q_T$.

$$Q_V = Q_T + \Delta Q_T = Q_T + \sum nRT; \qquad (1.14)$$

мұндағы R – тұрақты газ, 1,987 ккал/(кмоль $^0$C) тең.

Σn – жарылыс газдарының кмолінің жалпы саны, 15$^0$C температурада (288К):

$$Q_V = \sum nRT = 1{,}987 * 288 \sum n = 572 \sum n \quad \text{ккал.}$$

Тұрақты көлемде (жарылыс кезіндегі) 1 кмоль Ж.З. жарылыс жылуы

$$Q_V = Q_T + 572 \sum n \quad \text{ккал/кг.} \qquad (1.14)$$

Тұрақты көлемдегі 1 кг Ж.З.-тың жарылыс жылуы:

$$Q_T^{/} = \frac{Q_T + 572 \sum n}{M_{ЖЗ}}. \quad \text{ккал/кг.} \qquad (1.15)$$

**1-мысал.** кмоль және 1 кг аммиак селитрасының жарылыс жылуын анықтау:

$$NH_4NO_3 = 2H_2O + N_2 + 0{,}5O_2.$$

Аммиак селитрасының жылуы (88600 ккал/моль) мен жарылыс өнімін (су – $q_1$= 57800 ккал/кмоль) табамыз. Азоттың түзілу жылуы $q_2$=0 ал оттегінікі $q_3$=0, бұл газдар бос күйінде деп қарастырамыз.

1 кмоль жарылғыш заттың жарылыс жылуы:

$Q_1 = q_1 n_1 + q_2 n_2 + \ldots - Q_n$=57800*2 – 88600=27000 ккал/кмоль.

Тұрақты көлемдегі 1 кмоль жарылғыш заттың жарылыс жылуы:

1000 кмоль=4,1868 МДЖ.

$Q_v = Q_T + 572 \sum n$=27000+572*3,5-29000 ккал/кмоль.

Тұрақты көлем мен тұрақты қысымдағы 1 кг жарылғыш заттың жарылыс жылуы:

$$Q_T^{/} = \frac{Q_T}{M_{ЖЗ}} = \frac{27000}{80} = 338 \quad \text{ккал/кг;}$$

$$Q_T^{/} = \frac{Q_V}{M_{ЖЗ}} = \frac{29000}{80} = 363 \text{ ккал/кг.}$$

Тәжірибелік жолмен жарылыс жылуы, сулы колориметрде орналасқан колориметрлік бомбыдағы жарылғыш заттың заряды жарылып не жағылғанда анықталады. Колориметриялық бомбаның сыйымдылығы шамамен 0,3 дм$^3$, ол хромникельді болаттан жасалады.

Жарақтау тығыздығы 0,02 кг/дм$^3$ көп болмауы қажет.

### 1.6. Жарылыс температурасын анықтау

Жарылыс температурасы мына формуламен анықталады:

$$t^{/} = \frac{Q_V}{\sum nC_V};$$

мұндағы $C_V$ – жарылыс газдарының мольдік жылу сыйымдылығы кал/(кмоль $^0$C).

Мольдік жылу сыймдылықтың $C_V$ жарылыс кезіндегі газдар үшін тұрақты көлемі алынады. Шынайы газдар үшін $C_V$ – өлшемі ауыспалы, температура мен әр түрлі газдардың ерекшелігіне байланысты.

Малляр мен Ле-Шателье келесі теңдеумен анықталады.

$$C_V = C^{/} + \Delta C^{/} t;$$

мұндағы, $C^{/}$ – мольдік жылу сыймдылығы $0^0$C (273К);

$\Delta C^{/}$ – $1^0$C температураға көтерілгендегі мольдік жылу сыйымдылықтың өскендегі өлшемі, ккал/кмоль $^0$C.

$C_v$ – мәнін, жарылыс температурасының формуласына қоямыз:

$$t = \frac{Q_V}{\sum n(C^{/} + \Delta C^{/} t)} \text{ немесе } \quad \sum n\Delta C^{/} t^2 + \sum nC^{/} t - Q_V = 0;$$

мұндағы

$$t = \frac{-\sum nC^{/} + \sqrt{nC^{/})^2 + 4\sum n\Delta C^{/} Q_V}}{2\sum n\Delta C^{/}}. \qquad (1.16)$$

Жарылыс өнімдерінің жылу сыйымдылықтары әр түрлі газдардан тұрады. Сондықтан $\sum n\Delta C^{/}$ өлшемі барлық жарылыс газдарының жиынтығын, мольдік жылу сыйымдылығы $0^0$C температурадағы мәнін береді:

$$\sum nC^{/} = n_1C_1^{/} + n_2C_2^{/} + ....,$$

Сол сияқты $\sum n\Delta C^{/}$ өлшемі $1^0$C температураға көтерілгендегі жиынтықтың мольдік жылу сыйымдылығының өсу өлшемін көрсетеді.

$$\sum nC^{/} = n_1\Delta C_1^{/} + n_2\Delta C_2^{/} + ....$$

$C^{/}$ және $\Delta C^{/}$ мәндері келтірілген.

О.Е. Власовтың әр түрлі газ температураларының $C_v$ – тәуелділік графигі жылу сыймдылғының нақты мәнін береді.

Есептелінген жарылыс газдарының жылу сыймдылықтарының қосындысы, график бойынша мәндері мен бастапқы шамалары көрсетілмеген.

Мысал. Аммиак селитрасының жарылыс температурасын анықтау.

$$HN_4NO_3 = 2H_2O + N_2 + 0.5O_2$$

Жарылыс жылуы $Q_V = 29000$ ккал/кмоль.

Мольдік жылу сыйымдылықты табамыз: су буы $C_1^{/} = 6{,}2$; азот $C_2^{/} = 4{,}8$; оттегі $C_3^{/} = 4{,}8$ және жұмсалынған мольдік жылу сыймдылық:

$$\Delta C_1^{/} = 0{,}0025;\ \Delta C_2^{/} = 0{,}001 \text{ және } \Delta C_3^{/} = 0{,}001.$$

Мәндерін есептейміз:

$$\sum nC^{/} = n_1C_1^{/} + n_2C_2^{/} + n_3C_3^{/} = 2*6{,}2 + 4{,}8 + 0{,}5*4{,}8 = 19{,}6.$$

$$\sum nC^{/} = n_1C_1^{/} + n_2C_2^{/} + n_3C_3^{/} = 2*0{,}0025 + 0{,}001 + 0{,}5*0{,}001 = 0{,}0065$$

(12) – формула бойынша жарылыс температурасын анықтаймыз:

$$t = \frac{-19б6 + \sqrt{(19{,}6)^2 + 4*0{,}0065*29000}}{2*0{,}0065} = 1020^0\,C(1293K).$$

Жарылыс температурасын эксперименталды жолмен анықтау өте күрделі, өйткені жарылыс үрдісі өте жылдам өтеді де, аса жоғары қысым пайда болады. Сол тәжірибелі әдісті нақтылай айтқанда, жарылыс температурасын өлшеу – оптикалы, яғни жарық әдісі болып есептеледі. Демек, бұл детонация мен жалпылама үздіксіз спектр бойымен энергияның орналасуына немесе екі ұзын толқынның – «қызыл – көк түрін салыстыру» әдісі бойынша жарық өлшемінің қатынасымен анықтауға негізделген.

### 1.7. Жарылыс газдарының қысымын анықтау

Жарылыс кезінде оқталған камерада (шпурада) өте жоғары қысым пайда болады. Осы жарылыс газдардың тығыздығы – сұйықтардың тығыздығымен сәйкес. Сондықтан, жарылыс газдарының қысымын анықтаған кезде, бұл газ молекулаларының көлемін ескермеу керек.

Кәдімгі жағдайда, жарылыс газдарының қысымын Ван-дер-Ваальстің жеңілдетілген теңдеуімен есептейді (лезде жарылыстағы газдардың статикалық қысымының есебі):

$$P = \frac{P_0 V_0^{/} T}{(V - d)273}, \quad \text{кгс/см}^2 \quad (\text{Н/м}^2) \qquad (1.17)$$

мұндағы, $P_0$ – қалыпты атмосфералық қысым, 1,033 кг/см$^2$ тең.

$V_0^{/}$ – қалыпты жағдайдағы 1 кг жарылғыш заттың жарылыс газдарының көлемі, дм$^3$;

T – жарылыс температурасы, К;

V – оқталған камераның көлемі, дм$^3$;

$\alpha$ – жарылыс газдарының коволюмі;

$\alpha$ – ұзындығы газ молекулаларының өлшемімен анықталады. Жеке өзі қатты емес, көлемі сығылмайды, жеке молекулалар болып орналасады. $\alpha$ сандық мәні, жеткілікті түрде нақты қалыптаспаған. Бір автор (М.Я.Сухаревский, Сарро) $\alpha$ =0,001 $V_0$ деп қабылдауды ұсынған.

*1 кг/см$^2$=1 атм 98,1 кН/м$^2$ = 1даН /см$^2$.

** Қатты заттардың жарылыс өнімдерінің көлемі $\beta$ сол сияқты $\alpha$, бұл оқтама камераның көлемімен есептеледі.

Ал басқаларының мәні, төмен (мысалы $\alpha$=0,006 $V_0^{/}$ жарақтау тығыздығы шамамен 1 кг/дм$^3$). Профессор О.Е.Власов мысалға 3-кестеде келтірілген коволюм мәнін ұсынған. Жарақтану тығыздығы шамамен 1 кг/дм$^3$ болатын бризантты жарылғыш зат үшін тескендегі (шпурдағы) жарылыс газдар қысымының есебі бойынша $\alpha$ мәнін қабылдауға болады.

(1.15) формуламен табылған оқтама камераның көлемі арқылы жарақталу тығыздығын табуға қолайлы:

$$\Delta_3 = \frac{Q}{V}; \qquad (1.18)$$

мұндағы Q – оқталған оқтама массасы, кг.

Егерде оқтама массасы 1 кг деп алсақ, онда $\Delta_3 = \frac{1}{V}$ немесе $V = \frac{1}{\Delta_3}$.

(1.15) формулаға қойсақ, жарылыс газдарының қысымын есептейтін теңдеу шығады:

$$P = \frac{P_0 V_0^{/} T}{(\frac{1}{\Delta_3} - \alpha)273} = \frac{P_0 V_0^{/} T \Delta_3}{(1 - \beta\Delta_3)273}; \qquad (1.19)$$

Бұдан шығатын туынды:

$$\frac{P_0 V_0^{/} T}{273} = F, \quad \text{кгс*м/кг.}$$

(СИ жүйесінде Дж/кг).

Бұл жарылғыш заттың меншікті энергиясын (толық емес, бірақ $F < Q_0^{/}$) сипаттайды.

(1.17) формуланы, теспедегі жарақтау тығыздығының теспе қабырғасындағы жарылыс газдары қысымының (Р) мәніне тигізер әсерін анықтағанда қолданады.

Қазылған қуыс пен көмекші теспені жарақтағанда немесе ауыр жағдайларда жұмыс істегенде, жарақтау тығыздығын максималь алуға тырысу керек. Шпурлардағы жұмыс нұсқасында жарақтау тығыздығын (0,3-0,6 кг/дм$^3$) шамалы етіп пайдалану, жерасты қабатындағы жанама жыныстардың қирауын азайтуға себебін тигізеді.

**Мысал.** Теспедегі ПЖВ-20 аммиакты жарылыс газдарының қысымын есептеу.

Теспе диаметрі $d_Т = 40$ мм, оқша диаметрі $d_П = 36$ мм, оқша тығыздығы $\Delta_I = 1,1$ кг/дм$^3$, жарылыс газдарының меншікті көлемі $V_0^/ = 710$ дм$^3$/кг, жарылыс температурасы Т= 2333 К, коволюмде $\alpha = 0,001\ V_0^/$, қатты 1 кг жарылғыш заттағы тұз қалдығының көлемі (NaCl) $\beta = 0,1$ дм$^3$.

Жарақтау тығыздығы:

$$\Delta_3 = \Delta n \frac{d^2 n}{d^2 0} = 1,1(\frac{36}{40})^2 = 0,89 \text{ кг/дм}^3.$$

$$P = \frac{P_0 * V_0^/ * T * \Delta_3}{273(1 - \alpha * \Delta_3 - \beta\Delta_3)} =$$

$$= \frac{1,033 * 710,2333 * 0,89}{273(1 - 0,71 * 0,89 - 0,81 * 0,89)} = 20200 \text{ êãñ/ñì}^2.$$

Қатты қалдық көлемін есептемегендегі жарылыс газдардың қысымы төмендегідей:

$$P = \frac{1,033 * 710 * 2333 * 0,89}{273(1 - 0,71 * 0,89)} = 15400 \text{ кгс/см}^2.$$

Т > 1400$^0$С-те тұз ұшады. Жарақталу тығыздығы $\Delta_3 \geq 1$ кг/дм$^3$ болғанда ковольюм $\alpha = 0,0006\ V_0^/$ немесе одан төмен мәнді қабылдау керек. $\Delta_3 \geq 1$ кг/дм$^3$, яғни шпур қабырғасындағы қысым кезіндегі есебі қанағаттанарлық нәтиже береді.

## 1.8. Жарылыстың таралу жылдамдығы

Жылдамдығы мен таралу сипатына қарай жарылыстық ыдырау екі түрге бөлінеді: бірі – *дүмпу* (детонация), екіншісі – *жарылыстық жану*.

*Дүмпу* – сипаты мен мәні жағынан жарылыстан айырмашылығы жоқ, тек бұл оның стационарлы дара түрі болып есептеледі.

*Жарылыстық жану* – секундына бірнеше жүздеген метр шапшаңдықта өтетін жарылғыш заттың жарылысқа айналуы. Мысалы, шоқ түскенде қозып, түтінді немесе түтінсіз оқ-дәрінің (қара) жарылысы.

Жарылғыш заттың қуаттылығы, жарылыс газдарының әрекет сипаты мен жарылыс энергиясын пайдалану дәрежесі – олардың таралу жылдамдығына тәуелді. Мысалы, жарылғыш зат қуаттылығының деңгейін анықтауда айналатын жылдамдықтың тууын – массасы 1 кг, ұзындығы 1 м түтінді оқ-дәрінің жарылыс оқтамасы мен тура осындай ПЖВ-20 аммонит оқтамасын салыстырамыз.

Меншікті потенциалдық энергия – (1 кг жарылғыш заттың жарылыс жылуы) оқ-дәрінікі 665 ккал (2,79 МДж) және ПЖВ-20 аммониттікі 798 ккал (3,35 МДж) құрайды. Сол себепті, потенциалдық энергия мөлшері немесе жұмыс қабілеттілігі бойынша жарылғыш заттың айырмашылығы аз. Кей жағдайда, оның жарылысқа айналудағы жылдамдығының таралуы, оқ-дәрі мен аммонит бойынша тіптен бөлек: оқ-дәрі үшін ол орташа 200 м/с, аммониттікі – 3300 м/с.

Демек, жарылыс қуаттылығы 1кг үшін:

Оқ-дәрінікі:

$$N_{I-a} = \frac{2790 * 200}{1} = 558000 \quad \text{кВт};$$

Аммониттікі:

$$N_{I-a} = \frac{3350 * 3300}{1} = 11055000 \quad \text{кВт}.$$

Қоршаған ортада жарылыс әрекеті сипатынан жарылғыш заттың қуаттылығы мен жарылысқа айналуының жылдамдыққа тәуелділігі өзгереді. Теспедегі (қуыс) оқтаманың жарылыстық жану жылдамдығы 100-200 м/с болғанда, салыстырмалы түрде жарылыс газдарының қысымы жайлап өседі.

Берік жыныстарды қысыммен жарғанда, оның әлсіз жерлерінде сызық пайда болады. Жарылыс газдары сызықтарға кіріп, таужынысы ірі кесектерге бөлінеді. Оларды жұлып алып, кен сілемінен аластатады.

Жарылғыш зат жарылып жануы кезінде, жыныстың жару және кейбірі кесектердің лақтырылып тасталғанынан айқын байқалып, газдар лақтыру сипатына әкеледі. Сондықтан, бұл жарылғыш заттар – *лақтырғыш* деп аталады.

Егер теспедегі жарылғыш заттың оқтамасы секундына бірнеше мың метр жылдамдықпен дүмпітілсе, онда газдардың қысымы тез өседі де, таужыныстардың төзімділігі артса да, оның кейбір бекем деген жерлерінің өзі де бұзылар еді. Сондықтан, бірінші жағдайға қарағанда, жыныс бетіндегі жарықшақ сызаттар бұзылып, кесектеліп ұсақталады.

Ағаш жыныстардағы жоғары жарылыс жылдамдығы мен өте жоғары жарылыс газдарының қысымдары, теспе қабырғасына қысқа, күшті соққы әсер етеді. Секундына 1000 м жылдамдықта жарылуға қабілетті жарылғыш заттар – *алғашқы* немесе *бризантты жарылғыш зат* деп аталады.

Отында жарылғыш заттың оқтамасын, ғимараттардағы шынтас жыныстарды жаруға, уатуға болады. Уатқыш жарылғыш заттың оқтамасы одан ондаған есе үлкен, бұл жағдай шойтасты уатуға қолайлы емес. Сол сияқты күшті соққы әсерінсіз жарылысқа айналып, негізінен ауада газдар жайлап таралады. Әдетте, уатқыш жарылғыш заттар – түтінді оқ-дәрілер. Қоспа құрамы: калий селитрасы, күкірт пен ағаш көмірі.

Отынды жарылғыш заттарға – нитроглицеринді жарылғыш зат кіреді. Оған – тротил, күшті аммиакты-селитра, жарылғыш зат, т.б. жатады. Отынды жарылғыш заттың жарылу жағдайына байланысты кейде жарылғыш зат бос жануы мүмкін (жарылғыш зат сапасының төмендеуінен, әлсіз дүмпіткіштерден, т.б.).

Мұндай жағдайда, ол уататын әрекет пен пайдаланылатын энергия аз болады.

Жарылыс жұмыстарында отынды жарылғыш затты кеңінен пайдаланады.

## 1.9. Дүмпітудің теориялық аспектілері

*Дүмпіту жылдамдығын өлшеу тәсілі*. Жарылыс жылдамдығын өлшеу үшін арнайы құралдар, уақыт өлшегіштер пайдаланылады. Олар: фоторегисторлар, катодты және магнитті осциллографтар, т.б. Бұл құралдар қысқа уақыт сызықтарын белгілеп қою арқылы, оқтаманың жарылыс ұзақтығының ағымын немесе сынақтан өтетін оқтамасы бойынша алдын ала белгіленген ара қашықтықта өтетін жарылыс ағымын анықтауға арналған.

*Фоторегистор* – оптикалық регисторлар уақытын өлшеу тобына жатады. Ол 10 млн сек немесе одан да аз болатын уақыт сызығын белгілеу үшін пайдаланылады. Ол құралдың жұмыс істеу принципі, фоторегистрациядағы жалынды дүмпуге негізделген. Яғни, жылдам айналатын жазық айнаға сәуле түскен кезде, қозғалмайтын фотопленка айналасында созылған доғалы сызықтар көрінеді. Тік ілінген оқтама дүмпуіндегі оның толқын жалыны, екі линзадан тұратын құрылғы мен тар экран арқылы жарық толқынның жалыны өтеді. Сөйтіп, ол линза арқылы өтіп, жылдам айналатын жазық айнаға сәуле шоғыры түседі. Пленкада қозғалатын сәуле – сызықты жылдамдық немесе ұшқынының сызықты жылдамдығы болып табылады, яғни:

$$v_0 = 2 * 2\pi * n * R ;$$

мұндағы N – айнаның айналу жиілігі, айн/с.

R – айнадан пленкаға дейінгі қашықтықтық, м.

(1.17) формуладан екі көбейткіш шығады. Айнаның бұрыштық жылдамдығынан сәуленің бұрыштық жылдамдығы екі есе көп, сондай-ақ бұған түсу бұрышы мен шағылу бұрышы қосылады. Дүмпудің алмасу фронтының, яғни шебінің өлшемі, пленкадағы сәуле қозғалысы, екі бағыттағы жарықтың көлбеу сызығы түрінде көрінеді.

Фоторегистормен өлшеу кезіндегі дүмпу жылдамдығы мына формуламен есептеледі:

$$v = v_{nё} = \frac{L_3}{L_{ã}} = d\ ; \qquad \frac{\hat{e}L_3}{L_{ã}} = 4\pi nR\frac{kL_3}{L_{ã}}\ ; \tag{1.20}$$

$$v_0 = 45\pi RKKct\varphi\ ; \tag{1.21}$$

мұндағы $L_3$ – заряд ұзындығы, м;

$L_г$ мен $L_в$ – жарық сызықтың жазық (горизонталь) және тік (вертикаль) проекциясының ұзындығы, м;

К – сурет арқылы көрінген азайту коэффициенті;

$\varphi$ – тік жарық сызықтарының ең кіші бұрышы.

Айналмалы жазық айнадан дүмпу жалынының көрінісін алуға, айнаның тұратын орнын анықтау арқылы оқтаманы жару қажет. Ол үшін фоторегистрдің нысанасын арнаулы синхронды құралмен жабдықтайды. Заряд ұзындығы 2-3 см болатын фоторегистрмен бір рет өлшеген кездегі жіберілетін қате, 1 % аспауы керек. Жылдамдық фоторегистрлері СФР (-2) мен СФР-3П $2*10^6$ және $25*10^6$ жиілікте секундына жеке суреттерді алуға қолданады.

*Дүмпу жылдамдығын анықтаудың далалық тәсілі.*

Бұл тәсілді Дотриш ұсынды, ал кейіннен оны М.Я. Сухаревский мен Ф.А. Першаков жаңартқан болатын. Әдіс, зертхана жабдықтарын қажет етпейді. Оны дала жағдайында жарылыс жұмыстарын жүргізгенде, жарылғыш заттың дүмпуін тексеру қажет болғанда қолданады. Дотриша – Сухаревский тәсілін былайша қорытындылауға болады. Патрондағы сыналатын жарылғыш затты дүмпітуші кесіндісінің ұшына қатарластырып салады да, иілген ілмек фанерлі пластинкаға ара қашықтықты 2 – 3 см етіп, жоғары қарай бекітеді. Пластинка тұрған жерден 0 нүктесі арқылы қарындашпен сызық жүргізіледі. Себебі, ол АО, АБ және БО қашықтықтарының қосындысына тең.

Сыналатын жарылғыш затты патронның қабырғасына орнатылған электрдүмпіткішпен жарады. Патрон бойымен жүретін дүмпу толқыны, дүмпіткі баудың ұштарын А және Б-

дан біртіндеп өтіп, дүмпу тудырады. Егер жарылғыш зат патронының дүмпу жылдамдығы, баудың дүмпу жылдамдығына тең (*ОА=АБ+БО*) болса, онда дүмпу бауының бойымен бірінен – екіншісіне өтетін дүмпу толқындары, О нүктесінде кездеседі. Егер жарылғыш заттың дүмпу жылдамдығы аз болса (жиі болғанда), онда дүмпу толқыны *В* нүктесінде кездеседі.

Сымдағы дүмпу кезінде пластинкада қисық түйісу орны, анық көрінетін сызықты сызаттармен айғыздалып қалады. Ал дүмпу толқындары кездескенде, пластинкада шамалы тереңдеу түзу сызықтар пайда болады.

Жарылыс аяқталғаннан кейін ОВ ара қашықтығы өлшенеді.

*А* нүктесінен *В* нүктесіне дүмпу толқынының жеткендегі уақыты былай анықталады:

$$t = \frac{c+k}{v_{Ш}} = \frac{a}{v_{П}} + \frac{b-k}{v_{Ш}}; \qquad (1.22)$$

мұндағы с – *АО* ара қашықтығы, м;

к – *ОВ* ара қашықтығы, м;

$v_{Ш}$ – дүмпіткіштегі баудың дүмпу жылдамдығы, м/с;

$v_{П}$ – патронның дүмпу жылдамдығы, м/с;

b – *БО* ара қашықтығы, м;

Бұдан $\frac{a}{v_{П}} = \frac{c-b+2k}{v_{Ш}} = \frac{a+2k}{v_{Ш}}$, осыдан $v_{П} = \frac{av_{Ш}}{a+2k}$.

Егер сызық сол жақта түйіссе, онда к мәні – теріс таңбамен алынады.

Сынақ үшін патрон ұзындығы 300 мм, ал баудың ұзындығы 1800 мм етіп алынады. Баудың бір ұшы бір жақ басынан (электрдүмпіткіш қойылған басынан) 80 мм, ал екінші ұшы 20 мм ара қашықтықта қойылады. Өйткені, патрондағы баудың нүктелері арасының қашықтығы 200 мм-ге тең болуға тиіс.

Далалық тәсілмен дүмпу жылдамдығын өлшеу, дәлдік өлшеу – ең алдымен дүмпіткі баудың сапасына тәуелді. Оны өндірісте сынау үшін, тарирленген бауды пайдаланған кездегі өлшеуден кететін қателік 5 % - дан артпауы керек.

*Дүмпу жылдамдығына әсер ететін факторлар*. Дүмпу жылдамдығы көптеген факторларға байланысты. Олардың ішіндегі ең бастылары – жарылғыш заттардың құрамы мен олардың физика-химиялық қасиеттері, инициалды импульстік күші мен түрлері, патрондау тығыздығы, патрон диаметрі мен оның қабығының диаметрі, патрон қабығының тығыздығы.

*Жарылғыш заттың физика-химиялық қасиеттері мен құрамының әсері.* Дүмпу жылдамдығы жарылыс кезінде өтетін химиялық реакция жылдамдығымен, оның химиялық тепе-теңдігінің тұрақтылық дәрежесі және дүмпуді қолдайтын жарылыс кезінде бөлінетін жылу мөлшерімен сипатталады.

Түтінді оқ-дәрі тектес жарылғыштардың механикалық қоспаларында – калий селитрасының, күкірт пен ағаш-көмір қоспаларының ағаш-көмір бөлшектеріндегі көміртегі мен калий селитрасының оттегімен тотығу реакциясының баяу жүретіндігі, жарылу жылдамдығын кемітеді.

Жарылғыштық құбылыс беретін химиялық қосылыстардың молекула құрамында, жанғыш элементтер мен оны тотықтыратын оттегі болады. Молекула ыдырағанда, олардың атомдары бір-біріне жақындап өзара химиялық реакцияға түсіп, жарылыс тез жүреді.

Бірақ, барлық жарылғыштың химиялық қосылыстарындағы дүмпу жылдамдығы жоғары болып, оңай жарылыс бере бермейді. Жарылғыш зат молекуласы тұрақты болған сайын, солғұрлым потенциалдық энергия кеміп, дүмпу жылдамдығы да азяды. Сондықтан, жарылыс тудыру қиынға соғады (мысалы, аммиак селитрасының жарылуы қиындап, оның дүмпу жылдамдығының 1500-300 м/с болуында).

Жарылыстың, химиялық қосылыстардың механикалық қоспасы болып саналатын жарылғыш заттың дүмпу жылдамдығы – тек компонент табиғатына ғана емес, оның ұнтақталу дәрежесіне, олардың мұқият араласуына және компоненттермен жанасу тығыздығына да байланысты. Мысалы, №1 қатты (скальный) аммониттің дүмпу жылдамдығы 4,8-5,3 км/с, ал престелген аммониттің дүмпу жылдамдығы

6-6,5 км/с. Инертті газдар катализатор болмаған жағдайда, олардың дүмпу жылдамдығы төмендейді.

*Инициалдық импульс әсері*. Инициалдық немесе бастапқы импульс жарылғыш заттың жарылуы үшін оқтамаға берілетін әсері. Инициалдық импульстің термиялық және механикалық түрлері, оның күші, жарылғыш заттың дүмпу жылдамдығына үлкен ықпал етеді.

Қыздырғанда жарылғыш заттың аз бөлігі ғана дүмпиді, ал қалғаны – жарылыссыз (аз мөлшерде болғанда) жанып кетеді немесе жарылыстың жануына айналады. Соңғы кезде керісінше, көптеген жарылғыш зат оңай дүмпітілетін болды. Мысалы нитроглицерин, пироксилин, динамиттер оңай дүмпітіледі. Күшті, әрі интенсивті болған сайын, солғұрлым дүмпу толық өтіп, белгілі бір шекке дейін оның таралу жылдамдығы өсетін болады. Улы сынап, қорғасын азиді соққы мен қыздыру нәтижесінде, жақсы дүмпитін жарылғыш заттың тобына жатады. Бұл жарылғыш заттар – механикалық және жылуға аса сезімтал, эндометриялық-химиялық қосылыстар болып саналады.

Улы сынапты $160^0$С-қа, ал қорғасын азидін $330^0$С-қа дейін қыздырғанда, олар 5,3-5,4 км/с жылдамдықпен дүмпиді. Жалыннан тез дүмпулік қабілетіне ие жарылғыш затта дүмпу туғызу үшін – инициатор ретінде қолданылады. Инициирлеуші, яғни дүмпуді қоздыратын, гильзаның ішіне орналасқан оқтаманы – *дүмпіткіш* деп атайды.

Жарылғыш заттың патрондау тығыздығының, патрон диаметрінің және қабықша беріктігінің әсері, жарылғыш затта: нақты және гравиметриялық тығыздық болады. *Нақты тығыздық* дегеніміз – зат толығымен қандай да бір ауа немесе басқа аралық (кристалл тығыздығы, жарылғыш зат дәнегінің, тамшысының) көлем алмай, тек толық көлем алғандағы жарылғыш зат массасы мен оның алатын көлеміне қатынасы.

*Гравиметриялық немесе себілім тығыздығы* дегеніміз – түйіршіктер арасындағы барлық ауа алатын бос жерлерімен қосылатын ұнтақ түріндегі жарылғыш заттың алатын көлемі мен оның массасының қатынасы. Жарылғыш заттың дүмпіту

жылдамдығы, патрондау тығыздығын престеуден белгілі бір шекті тығыздыққа дейін өсіп, белгілі бір оңтайлы тығыздыққа, ең жоғары максимум шегіне жеткендегі шамасы. Түрлі жарылғыш зат үшін оңтайлы тығыздық шамасы әр түрлі.

Тығыздығы өскендегі дүмпу жылдамдығының артуы, тығыздығы жоғары жарылғыш заттың біртектілігінің артуы және бірлік көлемдегі энергияның көп шоғырлануымен түсіндіріледі. Бұл екі фактор, реакцияның тез жүруіне ықпал жасайды. Бірақ реакция пайда болып, өшпей жүру үшін, инициалды импульстің массасына терең өтуі керек. Жарылғыш заттың тығыздығын шектен тыс өсіргенде импульстің өту тереңдігі азайып, дүмпу толқып, тұрақсыз өтеді.

Әрбір патрондау тығыздығы үшін (әр түрлі жарылғыш зат үшін, әр түрлі) оқтаманың өзіндік шектік диаметрі болады. Жарылғыш зат патронның диаметрі кіші болғанда, жұмыс істемейді. Оның бөлшектерінің реакция ықпалы, патроннан тыс аймаққа тарайтын тұрақты дүмпу толқынын шығармайды. Тура осылай, әрбір жарылғыш заттың өзіндік шектік тығыздығы болады. Егер ол тығыздық шектен асып кетсе, онда патрон жұмыс істемейді.

Патрон қабықшасының жуандығы мен беріктігін өсіргенде, патрон диаметрі де өседі. Оқтама диаметрі өскен сайын, дүмпу жылдамдығы белгілі бір шекке дейін өсіп, содан кейін тұрақтанады. Өнеркәсіптік жарылғыш затта патрон диаметрі шектеу диаметрінен жоғары болғанда, оңтайлы тығыздығына жақын тығыздыққа патрондалады. Детониттер – 24, 28, 32, 45 мм, ал, аммониттер – 32, 36, 45 мм патрондар да шығарылады.

Өндірісте патрондардың (үлкен, кіші) диаметрі әр түрлі болуы мүмкін. Детониттер үшін оқтаманың шектік диаметрі 10 мм, аммониттер үшін – 10-25 мм аралығындағысы жиі қолданылады.

*Дүмпу құбылысының физикалық негізі*. Дүмпу құбылысын, яғни өте үлкен жылдамдықпен өтетін жарылыс дүмпітуінің гидродинамикалық теориясы жақсы түсіндіреді. Бұл теория бойынша дүмпу, жарылғыш зат арқылы өтетін соққы толқындары арқылы қозады.

*Соққы толқындары* дегеніміз – ортада дыбыс жылдамдығымен таралып, қысымның секірмелі өзгеріп отыратын құбылысы. Соққы толқындарының ерекшелік қасиеттері: толқын жылдамдығы өте жоғары – дыбыс іріктелгенде де жоғары болады; газ тәрізді ортада соққы толқындары өткенде, газ ағындарының да соққы толқындарының қозғалысы байқалады; соққы толқындары тек газ тәрізді ортада ғана емес, сұйық және қатты орталарда да таралады; соққы толқындарының секірмелі түрде бірден көтерілетін қысымы болады; осыдан соққы толқыны аумағында (бірден қысу аймағында оның тереңдігі аз) жоғары температура, жоғары тыс аймақтағы ортаның қысымы, температурасы, тығыздығы тез кемиді. Жарылыс ошағының біршама ара қашықтықтағы соққы толқыны, дыбыс толқынына ауысады.

Жарылғыш зат бойымен өтіп, оның дүмпуін туғызатын соққы толқыны – *дүмпу толқыны* деп аталады. Дүмпу толқынында соққы және реакция аймақтары болады. Бұл аймақтар, дүмпу толқынының шебін құрайды. Бұл шеп кейін жарылыстың газ өнімдерінің аймағы болады. Дүмпу толқыны жарылғыш зат бойымен жүріп өткенде, оның шебіндегі соққы аймағында жарылғыш заттың тығыздығы сәл өсіп, қысым мен температура бірден көтеріледі. Осының нәтижесінде соққы аймағының соңында энергия мен газ бөлетін, жарылыс реакциялары басталады (жарылғыш зат молекуларының атомдары мен радикалдарға ыдырауы, олардың арасындағы химиялық реакциялар).

Бөлінген энергия қосылып, жарылғыш зат бойымен өткендегі дүмпу толқынының соққы аймағын құрайды. Соққы аймағы өте жіңішке – 1мкм-ге жуық. Реакция аймағының тереңдігі 0,5 мкм-ден үлкен, қорғасын азидінікі 10 мм-ге дейін, тетрил мен тротил және қоспалы жарылғыш заттарда үлкен болады. Реакция аймағының тереңдігі ұлғайған сайын, жарылғыш заттың дүмпу импульсіне әсері азайып, оқтаманың шекті диаметрі солғұрлым көп болады. Шектік диаметр – берілген жарылғыш затқа тұрақты дүмпуі болатындай диаметр. Жарылыс реакциясының ұзындығы: $\tau = 3*10^{-3}\text{-}6*10^{-3}$ мкс, қорғасын азиді, тротил үшін ол 0,2-2 мкс.

Дүмпу толқынының соққы аймағындағы қысым ($P_1$) реакция аймағы соңындағы ($P_2$) қысымнан 2 есе жоғары. Яғни, дүмпу толқынынан арғы шебі шетіндегі қысым ($P_2$), жеделдегі жарылыстың стационар қысымнан 2 есе жоғары (17-формуламен есептелінетін).

Химиялық реакция аймағы Чепмен-Жуге деп аталатын жазықтықпен шартты шекара түрінде аяқталады. Осы шартты шекара артында (мысалы, алюминийі бар жарылғыш зат жарылғанда) жылу бөлетін процестер жүреді. Бұл дүмпу, толқын параметрінде әсер етпейді. Дүмпуде толқын шебінің түбінде түзелген жарылыстың газ тәрізді өнімдері бір орнында тұрмай, олардың ізімен 4–10 есе дүмпу жылдамдығынан аз шапшаңдықпен қозғалады. Дүмпу, толқынның соңында жарылыс өнімдерінің қысымы мен тығыздығы шашырау салдарынан азаяды.

Жарылғыш зат оқтамасының шегінен шығып кеткен дүмпу толқыны (инертті ортаға кірген) – соққы толқыны болады. Оның энергиясы жарылыс реакцияларының энергиясынан қолдау таппай, тез өшеді (инертті ортада бұлай болмайды).

Толқын шебінің айналысы мен амплитудасы тез азайып, соққы толқыны дыбыс толқынына айналады. Стационарлық қасиеттері мен жарылғыш зат сапасы дүмпу толқыны берілген жарылғыш зат үшін оқтама бойымен тұрақты таралып берілген жағдайда, секундына мыңдаған метрмен өлшенеді. Дүмпу толқыны – жылдамдық, температура, қысым және толқынның басқа да шамаларын шеп ішіндегі, сондай-ақ шеп сыртындағы газ бен сұйық ортада таралатын соққы толқындарының шамашарттары сияқты, гидродинамика заңдарымен есептелінеді.

*Дүмпудің гидродинамика теориясына негізделген теңдеулер.* Дүмпу толқын шамашарттарын есептейтін теңдеулер мен механика заңдары негізінде: массаның сақталу заңы (жарылғыш зат массасы жарылыс өнімдерінің массасына тең), қозғалыс мөлшерінің сақталуы мен оның импульс күшіне тең болатын заңы мен бастапқы жарылғыш заттың жарылыс өнімдеріне ауысу кезіндегі энергияның сақталу заңына негізделген.

Орыс ғалымдары Л.Д.Ландау мен К.П.Станюкович газ қоспалары үшін дүмпудің ертеде жазылған гидродинамикалық теориясының негізгі жағдайларын, конденсирленген жарылғыш затқа (қатты және сұйық) қолдануға болады деген. Егер дүмпу толқынының шамашарттары, жарылыстың жоғары қысылған өнімдерінің күйі $PV^n$= const (V- жарылыс өнімдерінің меншікті көлемі, политроп көрсеткіші – n) болғанда ғана, гидродинамика теориясы қолданылады. Бұл теңдеудің пайымдауы бойынша, жарылыс өнімдерінде тығыздық бірден жоғары болғанда ғана, қысым тек жарылғыш зат тығыздығына тәуелді, ал температураға тәуелді емес.

Егер газ қоспаларында дүмпу толқынының шамашарттарын есептеу үшін *n* көрсеткіші жарылғыш зат тығыздығы мен жарылыс өнімдерінің коволюм шамасына тәуелді деп алғанда, ондағы n көрсеткіші – газдардың кермектілігі, яғни олардың қысу кезіндегі кедергісі болып есептеледі.

Барлық жарылғыштың химиялық қосылыстар үшін (тэн, тротил, гексоген, т.б.) жарылғыш зат тығыздығы 1,5-тен аз емес. Л.Д.Ландау мен Станкович теориялары $n$=3, $n$ <3 болғанда дұрыс көреді.

Тығыздалған жарылғыш зат үшін $n$= 2÷2,5; ұнтақ тәрізді жарылғыш зат үшін $n$= 1,5÷2, газ тәрізді. Жарылғыш қоспалар үшін $n$= 1,2÷1,4 құрамына байланысты.

Конденсирленген жарылғыш заттың дүмпу жылдамдығы, жарылғыш зат энергиясы мен тығыздығына байланысты және ол мына теңдеумен анықталады.

$$v = \sqrt{2(n^2-1)Q'_V Ag} = 91{,}5\sqrt{(n^2-1)Q'_V}\ ; \qquad (1.23)$$

$$n = \sqrt{\frac{v^2}{(91{,}5)^2 Q_v}} + 1; \qquad (1.24)$$

мұндағы $Q_v^{/}$ – жарылыстың меншікті жылуы, ккал/кг;
A – жылудың механикалық эквиваленті, кгсм/ккал;
g = 9,81 – ауырлық күшінің үдеуі, м/с$^2$.

Реакция соңында Чемпен-Жуге жазықтығында жарылыс өнімдерінің қозғалу жылдамдығы:

$$w = \frac{v}{n+1} \ . \qquad (1.25)$$

Чемпен-Жуге жазықтығында оқтамадағы дүмпудің толқын қысымын мына теңдеуден анықтауға болады:

$$\rho_2 = vw\frac{\rho_0}{g} = \frac{\rho_0 v^2}{(n+1)g} \ ; \qquad (1.26)$$

$p_0$ – жарылғыш заттың бастапқы тығыздығы, кг/см$^3$.

Чемпен – Жуге жазықтығында жарылыс өнімдерінің тығыздығы мен соққы аймағындағы жарылғыш заттың тығыздығы:

$$\rho = \rho_0 \frac{n+1}{n} \ . \qquad (1.27)$$

Эксперименталды жолмен дүмпу жылдамдығы мен меншікті жарылыс жылуын оңай табуға болады. Ал (1.23) теңдеу арқылы политроп көрсеткіштерін табады. Бұларды қолданып, басқа дүмпу толқынның шамасын да табуға болады.

**1-мысал**. (1.23) формула ПЖВ – 20 аммониттің политроп көрсеткішін есепте. Оның дүмпу жылдамдығы 3300 м/с, меншікті жарылыс жылуы 800 ккал/кг, патрондау тығыздығын (1.23) теңдеуден аламыз:

$$n = \sqrt{\frac{v^2}{(91{,}5)^2 Q_v}} = \sqrt{\frac{1089*10^4}{8378*800}+1} \ ;$$

$$n = \sqrt{1{,}625+1} = 1{,}63 \ ;$$

(1.23) теңдеуден табылған политроп мәні.

**2-мысал.** ПЖВ – 20 аммонит үшін жарылыс өнімдері массасының қозғалыс жылдамдығын есепте.

$$w = \frac{v}{n+1} = \frac{3300}{16{,}3+1} \approx 1260 \ \text{м/с}.$$

**3-мысал.** Реакция шегінің соңындағы жарылғыш зат оқтамасының дүмпу толқын қысымын есепте (бұл тесте қабырғасындағы қысым, егер тепені оқтау тығыздығы мен жарылғыш зат патронды тығыздығы тең болған жағдайда):

$$\rho_2 = \frac{\rho_0 v^2}{(n+1)g} = \frac{0{,}0011*3300^2*10^4}{2{,}63*981} = \frac{11*1089*10^4}{2{,}63*981} = 46400.$$

*Кумулятивті әсер*. Оқтама бойымен дүмпу толқыны жүріп өткен кезде, жарылыс өнімдері оның артынан дүмпу жылдамдығынан аз шапшандықпен қозғалады. Оқтама бетінде жарылыс өнімдерінің бөлшектері жалпы массадан бөлініп, жарылыс өнімдерінің негізгі массасының жылдамдығына қарағанда, үлкен жылдамдықпен жан-жаққа шашырайды. Тәжірибе көрсеткендей, оқтаманың бүйір бетінде жарылыс өнімдері дүмпу толқынының қозғалыс бағытына қарай $45^0$ бұрыш жасап тарайды да, беттік қабатта оқтаманың жойылуына байланысты бұл бұрыш өсе бастайды. Ал соққы толқындарының артынан өтетін оқтама дүмпуі біткеннен кейін, оқтау шегінен ауаға үлкен жылдамдықпен шығады. Жарылыс өнімдерінің өшуі, оқтаманың бүйір бетіне перпендикуляр бағытта жүреді.

Егер патронның бүйір бетін ойса, онда соққы толқындары (және жарылыс өнімдері) ойық бетпен кездесіп, геометриялық оптика заңы бойынша сынады да, өзінің бағытын өзгертіп, ойық ішіне қарай ойысады. Осылайша тығыздалып, жылдамдығы артады да, мол энергиясы өнімдерінің ағындары мен элементар соққы толқындарының кумулятивті ағыны пайда болады. Кумулятивті ағын жылдамдығы 16000 м/с, ал кейбір жағдайда 30000 м/с жетеді. Кумулятивтік ағынның қуаты өте жоғары. Сондықтан, оқтамада соққы күші пайда болады. Сауыт бұзғыш снарядтар мен миналарда кумуляция пәрменін кең қолданады. Кумулятивтік оқтамаларды қолданғандықтан, темірбетон жабдықтарын сыртқы (бастырма) оқтамалармен жарғанда жарылыс пәрменділігі 2 есе өседі. Бұзылатын ортаның бетінде кумулятивті оқтаманың кумуляция

фокусы болатындай етіп орналастырады. Сфералық бетті ою кезінде сығылып, сәл қысылған және фокус ара қашықтығы аз болатын дұрыс кумулятивті ағыны қолданылады. Оқтама, бүйіріндегі кумулятивті ойыққа айналғанға дейін қалыптасып, дүмпіткен кумулятивті ойыққа дейінгі ара қашықтық $L_k$, $2Д_к$-дан кем болмау керек. Кумулятивтік ойықты жауып тұратын металл қабықша қалыңдығы 1/30 $Д_к$-дан көп болмауы керек (құйылған, тығыздалған оқтамаларда қабықша болмауы мүмкін). Кумулятивтік ойық қабықшасының төбесінен диаметрі 1/8 $Д_к$ тесік жасаған жөн (әсіресе ол конус тәріздес болғанда). Таужыныстарында кумулятивтік оқтама кең қолданыс таппады. Бұл мына себептерге байланысты: жарылғыш зат патрондары диаметрі үлкен болмағандықтан, шағын кумулятивтік бет пайда болады да, кумулятивті пәрмен онша күш бермейді. Ал бізге қажетті жыныстарды бұзған кезде, ондағы жарықшақтарды тереңдетіп, тұтас массивінің біркелкі ұсақтауы, яғни оқтама энергиясының бағытының тесіп шпур тереңдігіне бойлап кетуінде емес, оның жан-жаққа таралуында.

Ашық кумулятивті оқтамалар ірі жыныстарды, яғни қойтас, шойтастарды ұсақтау кезінде жақсы әсер көрсетеді. Сөйтіп, жарылғыш зат шығыны 2–3 есеге азаяды.

*Жарылыстың ара қашықтыққа әсері*. Дүмпу толқыны қоршаған ортада, оқтама шекарасында, мысалы ауада соққы толқындарын туғызады. Жарылыс өтетін жерде оқтаманың 7–14 радиусындей (r), оны қоршаған ауадағы соққы толқындарымен туындатады. Ал соққы толқыны шебінде оның тығыздығы ауанікінен 20 есе артып кеткендіктен, жарылыс өнімдері қозғалысқа түседі. Олардың соққы толқындарына қарағанда, кедергі тигізетін динамикалық әсері күшті. Ауадағы тараған соққы толқындарынан шашыраған жарылыс өнімдері, соққы әрекетіндей әсер етеді.

Оқтаманың жарылыс өнімдері мен соққы толқындары ауада жақын орналасқан оқтамалардың жарылысын туғызуы әбден мүмкін. Мұндай әсерден болатын құбылысты – *жарылыс* деп атайды. Мұндайда бірінші оқтаманы – *активті*, ал екіншісін – *пассивті* дейді.

Дүмпудің берілу ұзақтығы (ДБҰ) активті жарылғыш зат оқтамасының тығыздығы, қуаты, массасы өскен сайын пассивті оқтаманың тығыздығының азайып, сезімталдығының ұлғайып отыруына байланысты. Дүмпудың ұзақтығы, соққы толқыны тарайтын ортаның тығыздығы мен серпімділігіне байланысты. Мәселен, ортаның серпімділігі күшейген сайын, орта тығыздығы кемиді де, дүмпудің берілу ұзақтығы солғұрлым өседі. Дүмпу – ауа, су арқылы нашар берілсе, ағаш, саз, құм арқылы да өте нашар беріледі. Тығыздалған және майысқақ жарылғыш зат дүмпуінің берілу ұзақтығы, ұнтақ тәрізді ортаға қарағанда аз болады. Нитроэфирмен сенсибилизацияланған жарылғыш зат дүмпуінің, берілу ұзақтығы көп. Теспеде дүмпу толқынының канализациясы кезінде ашық ауаға қарағанда дүмпу 2–4 есе жылдам беріледі.

Оқтама массасы 50 г-нан бірнеше жүз кг-ға дейін өскенде, дүмпудің ауамен таралу қашықтығы мына формуламен анықталады:

$$L_D=K_D\sqrt{Q}\,; \qquad (1.27)$$

мұндағы Q – активті оқтаманың массасы, кг;

$K_Д$ – орта әсерін, активті және пассивті оқтама жарылғыш заттың типі мен патрондағы жарылғыш зат тығыздығын ескеретін коэффициент.

**Мысал**. Патрон тығыздығы 1-1,25 кг/дм$^3$ болғанда, тротил үшін $K_Д$= 0,33.

Активті оқтама массасы көп болғанда Q – кезіндегі дәреже көрсеткіші 0,33-0,5 болу керек.

Жарылғыш зат дүмпуінің қашықтыққа берілу қабілеттігін мына әдіспен тексереді. Қатты грундқа жарылғыш заттың екі патронын бір-бірінен белгілі бір ара қашықтықта орналастырылады. Бір патронның бүйіріне дүмпу толқыны көрші пассивті патронға бағытталғандай етіп, бірінші патрон бүйіріне элетрдүмпіткішті орналастырады. Патрондардың толық дүмпуін грунттағы ойыққа, жарылғыш зат қалдығының жоқтығына, патрон қабықшаларына қарап біледі. Толық дүмпу болғанда грунтта патрон ұзындығына тең екі ойық қалуы керек.

Үш параллель тәжірибе жүргізгенде жұмыс істемеу немесе жартылай дүмпудің болмауы керек. Патрондар арасында жеткіліксіз дүмпу болғанда (бекітілген ГОСТ немесе ТУ бойынша), сынақты қайталайды. Егер қайта сынақ кезінде жартылай бір дүмпу болса, онда жарылғыш зат партиясы жарамсыз деп, жарылыс жұмыстарына жіберілмейді. Суға тұрақты жарылғыш зат патроны сынақ алдында, 1м тереңдікте суға тік батырылады.

Дүмпу берілудің қауіпсіз қашықтығы, дүмпу берілмейтін қашықтықтағы оқтама дүмпуінен жасалады. Жарылғыш зат тасымалдағанда, оларды қоймада сақтағанда қауіпсіз болу үшін, жарылғыш заттардың дүмпу қабілеттігін тексеру қажет. Жарылғыш зат қоспалары арасында дүмпу таралуының ең қысқа қауіпсіз қашықтығын М.А.Садовский мына формуламен анықтауды ұсынады.

$$L_D^{/} = K_D^{/} \sqrt[3]{Q} \sqrt[4]{r}\,, \quad \text{(м)} \qquad (1.28)$$

мұндағы $К_Д$ – активті, пассивті жарылғыш зат оқтама табиғатына тәуелді коэффициент;

Q – активті оқтама массасы, кг;

r – активті оқтамаға бағытталған пассивті оқтамадағы жарылғыш зат бүйірінің орташа сызықтық размері, м.

Аммиак селитрасы опырылмаған жарылғыш зат мәндері: анықтау орнында $К_Д$ = 0,65 және опырылғанда 0,25; тротил үшін 1,5 және 0,65 сәйкес.

## 1.10. Жарылғыш заттардың қауіпсіздік дәрежесі мен бризанттылығын, жұмыс қабілеттігін анықтау тәсілдері

Жарылғыш заттарды жұмыс қабілеттігіне, бризанттылығына және қауіпсіздік дәрежесіне қарай іріктейді. Бұл жарылғыш заттардың құрылысына сәйкес келетін сынақтардың нәтижелері бойынша бағаланады.

Жарылғыш заттардың жұмыс қабілеттілігі – ортаны қопару, жарылыс кезінде жарылғыш заттардың жұмыс қабілеттілігіне орай анықталады. Бұл жарылыс кезінде түзілетін газдардың

көлемі мен жылу мөлшеріне, қатар өтетін дүмпу жылдамдығына тәуелді.

Жарылғыш заттардың жұмыс қабілеттігінің теориялық сипаттамасы (11) формула бойынша анықталған меншікті потенциалдық энергия болуы мүмкін. Сондай-ақ, бұл өлшем жарылғыш заттың жұмыс қабілеті коэффициентіне немесе жұмыс қабілеттілігіне қатысты есептелінеді.

$$e = \frac{Q_V^{/}}{Q_{V\,ЭТ}^{/}}; \qquad (1.29)$$

мұндағы $Q_V^{/}$, $Q_{VЭТ}^{/}$ – пайдаланылатын және эталонды жарылғыш заттың меншікті потенциалдық энергиясы.

Бұрынғы торпедалау және жару кезінде жарылғыш заттың жұмыс қабілетінің коэффициенті – оның массасы бойынша емес, бірлік көлемі үшін потенциалдық энергия өлшемі бойынша анықталады. Бұл жағдайда:

$$e = \frac{Q_V^{/}\rho}{Q_{VЭЭ}\rho_{ЭТ}}; \qquad (1.30)$$

мұндағы $p$, $p$ – пайдаланылатын және эталондық жарылғыш заттың тығыздығы.

Жарылғыш заттың салыстырмалы жұмыс қабілеттілігін жарылғыш заттың аздаған оқтамаларының пәрменділігі әр түрлі практикалық тәсілдермен бағалау арқылы анықталады. Қарапайым және кең тараған тәсілдердің ішінде жарылғыш затты Траутильдің «қорғасын бомбасы» тәсілімен сынауға болады. Ол бомба – цилиндр пішінді, тазартылып қорғасыннан құйылған темір кесек. Бомбаның осі арқылы канал өтеді.

Әдісті қолданар алдында каналдың көлемін өлшеп, қағаз гильзаға 10 г сыналатын жарылғыш зат түбіне дейін орналастырылады. Патронды мұқият электрдүмпіткішке (ЭД) салады. Каналдың бос бөлігінің жоғарғы жағына құрғақ кварц құмын себеді, бұл құм алдымен №12 елек арқылы еленеді. Оқтама жарылысынан кейін бомбаның қуысын өрлеп тазартып, өлшемді мензуркамен өлшеп су құйып, содан кейін көлемін

анықтайды. Жарылысқа дейінгі және одан кейінгі қуыс көлемдерінің айырмашылығы, жарылғыш заттың жұмыс қабілеттігін сипаттайды. Кәдімгі жағдайда, жарылысқа дейінгі каналдың көлемі 62–65 $см^3$ тең. Мысалы, жарылыстан кейінгі өлшенген қуыстың көлемі 475 $см^3$ болса, онда жарылғыш заттың жұмыс қабілеттігі 475-65-30 = 380 $см^3$ (30 $см^3$ бұл электрдүмпіткіш жарылысынан түзілген қуыстың көлемі болады).

Канал кеңеюінің соңғы өлшемі (немесе жұмыс қабілеттілігі) нақты 5 $см^3$ дейінгі көлемді көрсетеді. Сынауды $15^0$С температурада жүргізеді. Егер температура басқаша болса, онда берілген кесте бойынша алынған нәтижелерді түзетіп қабылдайды. Әрбір бомба бөлігінің стандарттылығын (бомбаны бірден құйғанда), 3 бомбада стандартты жарылғыш затты (тротилді) жару жолымен тексереді. Сынақта пайдаланылған бомбаның бөлігі түзетуден өткізіледі.

$$e = \frac{P}{P_{ЭТ}} \; ; \qquad (1.31)$$

мұндағы Р мен $Р_{ЭТ}$ – сыналатын және эталондық жарылғыш заттың жарылысы кезіндегі каналдың ұлғаю өлшемі (жұмыс қабілеттілігі) $см^3$.

Жарылғыш заттың жұмыс қабілеттілігін, баллистикалық мортир маятнигінің көмегімен анықтауға болады. Жарықтың аузына бос ілінген мортир маятнигі 10 г жарылғыш затты араластырып, жарықтың ауызын жабады (қорғасынды оқтама).

Жарылғыш затты жарылыс кезінде анық лақтырылады, ал мортир маятнигі артқа ауытқиды. Жарылғыш заттың жұмыс қабілеттілігін, маятниктің ауытқу бұрышы немесе маятникке орнатылған сызықтың алмасу қозғалысының өлшемі бойынша жүргізеді.

Арнайы жеке патрондар мен оқтамаларды сынау үшін ауыр (14 т) баллистикалық мортир маятнигі – каретка пайдаланылады. Жарылыстан кейін мортир артқа жылжиды, ал оның ауызын жауып тұрған маятник алға қарай ауытқиды. Ол – ауытқу өлшемі бойынша, жарылғыш заттың салыстырмалы жұмыс қабілеттілігін тексереді.

Кәдімгі жарылғыш заттың жұмыс қабілеттігін сынау үшін, Трауцль бомбасымен бірге, екі маятникті баллистикалық құрылғыны пайдалануға болады. Жарылғыш заттың (102) қаптамасы үшін торцтағы бір маятникте камера болады, ал торцтағы екінші маятникпен оқтамалы камераны жабады. Оқтаманың жарылысы кезінде тәжірибеде, екі маятник бірдей бұрышқа ауытқиды.

Жұмыстың қабілеттілік өлшемі мына формуламен есептеледі:

$$E=2Mgl(1-\cos\alpha); \qquad (1.32)$$

мұндағы M= 216 кг – бір маятниктің массасы;

g= 9,81 м/с$^2$ – ауырлық үдеуі, м/с;

l= 1,540 м – маятник ілгішінің ұзындығы, м.

Жарылғыш заттың бризанттылығы – оқтамалардың тікелей жабысуы немесе одан екі-үш радиус қалып отыратын оқтама жарылысы кезінде, кесектерді уату әсерін орындау қабілеттігін айтады. Ол бризантты жарылғыш заттың дүмпу жылдамдығына тәуелді.

Дүмпу өнімдерінің кинетикалық энергиясының шамасын бағалауда бризанттылық қабылданған:

$$\beta = \frac{Qv^2}{2}, \quad \text{кг*м/с}; \qquad (1.33)$$

мұндағы Q – заряд массасы, кг;

v – детонация жылдамдығы, м/с.

Бризанттылық Каст формуласы бойынша анықталады:

$$\beta = Fv\rho; \qquad (1.34)$$

мұндағы F – $P_0V_0^{/}$ / T/273 қатынасында анықталған (1.6):

p – жарылғыш заттың меншікті тығыздық энергиясы.

Импульс өлшемінің бризанттылығы К.П. Станюкевич пен О.Е. Власов сипаттамасында жалғастырылады. Жарылыс кезінде оқтамалардың соқтығысуы, жоғарғы кедергі бірлігінде әсер етеді.

Дүмпу өнімдерінің бір жағындағы екпінінің қатысуы кезіндегі оқтама түбіндегі импульс өлшемі былай есептелінеді:

$$I = \frac{8}{27}\rho Slv = \frac{8}{21}Qv; \qquad (1.35)$$

мұндағы ρ – заряд тығыздығы, кг/м$^3$;

l – заряд ұзындығы, м;

S – заряд түбінің ауданы, м$^2$;

Q – заряд массасы, кг.

Импульстің өлшем бірлігі кг*м/с, С-ға бөліп және көбейткенде импульстің өлшем бірлігі СИ жүйесінде Н*с; ал 9,81 м/с$^2$ бөлгендегі өлшем бірлігі, кгс*с.

Өлшемсіз коэффициент 8/27 – біріншіден, қатты қабырғаға газдардың соқтығысуы кезіндегі динамикалық коэффициенті, екіншіден, дүмпу толқын жылдамдығы мен газ тәрізді жарылыс өнімдері жылдамдықтарының қатынасын көрсетеді.

Дүмпу өнімдерінің екпінін есептей отырып, толық импульсті мына формуламен анықтауға болады:

$$I = \frac{8}{27}Qvk; \qquad (1.36)$$

мұндағы к – дүмпу өнімдерінің бір жағындағы екпін коэффициенті.

Цилиндрлі пішіндегі оқтама үшін к = 0,4.

**Мысал.** Жарылғыш зат оқтамасының № 6 аммонит бризанттылық серпінділігін анықтау. Патронның биіктігі мен диаметрі 0,04 м, ал массасы 0,05 кг болғанда (1.35) формуламен табамыз:

$$I = \frac{8}{27} * 0{,}05 * 3900 * 0{,}16 = 9{,}3.$$

$\alpha$ – маятниктің ауытқу бұрышы (өндірістік жарылғыш зат үшін маятниктің ауытқу бұрышы 20–35$^0$).

Өндірістік жарылғыш зат сынау кезінде маятниктің ауытқу бұрышы 14-тен (уженит №4 ) 33$^0$-ке дейін (детонит 15-А-10) болады.

Тротилге жүргізілген сынаулар және Трауцль тәсілі бойынша айырмашылығы 7%. Сынау нәтижелері соншалық аз айырмашылық көрсеткендіктен, берілген қондырғыда Трауцль сынауларын жүргізуге мүмкіндік берді. Жарылғыш заттың

энергияны пайдалану коэффициенті екі маятникті қондырғыда $\approx 2\%$ сыналады.

Жарылғыш заттардың нақты қолдану шарттарында орындалатын пайдалы жұмысы әрқашан потенциалды энергиядан төмен болады. Өйткені, жарылыс кезінде химиялық жоғалулар болады. Сонымен қатар, жарылыс кезінде бөлінетін жылудың біраз бөлігі механикалық жұмысқа айналмайды, ол керісінше – оқтамалар ортасын жылытуға жұмсалады да, ыстық газ бен кенжарды, маңындағы кеңістікке бөліп шығарады. Сондықтан, энергияны пайдалану коэффициентті белгілі емес. Бұл тәсілдің жарылыс жұмыстарының технологиясына тәуелділігін профессор Г.И.Покровскийдің есептеуі бойынша (оның 3-тен 33 % құрайтындығы) анықтайды. Оқ-дәрі оқтамасының жарылыс кезінде жарылғыш заттың энергияны пайдалану коэффициенті зеңбірек оқпанында – 50%. Тәжірбиеде жарылыстың импульс өлшемі арнайы (жарылыс импульсін өлшеу үшін) баллистикалық маятниктегі ауытқу бойынша анықталады.

Жарылғыш заттың бризанттылығын анықтаудың кең тараған әдістерінің бірі – шағын немесе қорғасын цилиндрлерді қысып сызу сынамасы (Гесс әдісі). Қарапайым, әрі қолайлы екінші әдісті ТМД елдері қабылдады.

Биіктігі 60 мм және диаметрі 40 мм тазартылған қорғасыннан құйылған цилиндрді біртегіс болат темірдің үстіне қояды. Оның үстіне диаметрі 41 мм, ал қалыңдығы 10 мм болат дөңгелек салыналады. Массасы 50 г және диаметрі 40 мм қағаз гильзалы сыналатын жарылғыш зат, кішкене патронды дискіге салынады. Кішкене патрондағы жарылғыш зат тығыздығы зауыт патронымен бірдей. Жоғары жағына гильзадағы жарылғыш заттың кішкене патронын картон дискінің ось тесігіне орналастырады. Осы тесік арқылы кішкене патронға тереңдігі 15 мм болатын дүмпіткіш қойылады. Кішкене патронды тік етіп бекітіп барып, жарады. Жарылыс нәтижесінде қорғасын цилиндрдің жоғарғы бөлігі жалпиып, қазықұйрық тәрізді пішінге еніп, биіктігі кемиді. Сығылған цилиндрдің төрт жағының биіктігін өлшеп, биіктігінің кішірейген өлшемін есептейді, сол арқылы жарылғыш заттың

бризанттылығын бақылайды. Мысалы, жарылыстан кейін цилиндрдің төрт жағының биіктігі 60-тан 45 мм-ге дейін төмендесе, онда жарылғыш заттың бризанттылығы 15 мм болғаны.

Эталонды жарылғыш зат өлшендісін жару арқылы бомба сапасы мен цилиндрдің сапасын тексереді. Сондай-ақ, бризантылықты сынау, арнайы баллистикалық маятникте жүргізіледі. Ол болатты ілгекке іледі. Болаттан бұралған шток салғыш маятниктің түбі 90 мм, осі нүктесінен диаметрі 40 мм және ұзындығы 10 мм. Төбесін тығыздап салғанда шеңбер тесіктерінің диаметрі 50 м, ал диаметрі 10 мм. Онда үш симметриялы ұяшық орналасқан, оқтаманы белгілеу үшін оған ағаштан өзек салады. Оқтама, диаметрі 40 мм, массасы 50 г тура осылай қорғасын бағынасы түтігінде сыналады. Оқтама түбіне салғыш жұмысының уақытын ұзарту үшін салғыш түбінен 30 мм бөлікте орналастырады.

Келесі қалыптың негізінде импульс мына формуламен есептеледі:

$$I=Ft=MV; \quad V=\sqrt{2gh}; \quad I=M\sqrt{2gl(1-\cos\alpha)}; \quad (1.38)$$

мұндағы M=110 кг – маятник массасы;

g = 9,81 м/с$^2$ – ауырлық күшін үдетеді;

h = 1,350 м – іліну биіктігі;

$\alpha$ – маятниктің ауытқу бұрышы (ол 3$^0$-тан жоғарыламайды).

$$I=110\sqrt{2*9{,}81*1{,}35(1-\cos\alpha)}=566\sqrt{1-cos\alpha} \text{ кг*м/с;}$$

$$I=56.6\sqrt{(1-\cos\alpha)}; \text{ gaH*c;} \quad I=57.7\sqrt{(1-\cos\alpha)}. \text{ gaH*c;}$$

# 2. ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАР

## 2.1. Жарылғыш заттардың басты қасиеттері

Жарылғыш заттардың негізгі қасиеттері: тығыздығы, жұмыс істеу қабілеті, бризанттығы, сыртқы әсерлерге сезімталдығы, детонацияны жеткізу икемділігі, улы газдар шығару мүмкіншілігі, сақтық қасиеттері.

***Жарылғыш заттың тығыздығы***. Жарылғыш заттың тығыздығы – *нағыз* және *гравиметриялық* болып екі түрге бөлінеді. *Нағыз тығыздық* – (сыбағалы салмақ) дегеніміз – жарылғыш заттың өз салмағының көлеміне қатысты. Бұл көлемде ешқандай бос жер болмау керек. Нағыз тығыздық – сұйық және өте қатты заттарда, жеке кристалдарда болады. Нағыз тығыздылық, сыбағалы салмаққа сәйкес тең түсінік. *Гравиметриялық тығыздық* дегеніміз – жарылғыш заттың өз салмағының көлеміне қатысты. Бірақ мұнда жарылғыш зат көлемінің ішінде бос жерлер де болуы мүмкін. Мысалы, ұнтақ түріндегі жарылғыш зат кристалдары арасындағы қуыстар сияқты. Іс жүзінде оның тығыздығының маңызы өте зор. Жарылғыш заттың гравиметриялық тығыздығы өскен сайын, оның детонациясының жылдамдығы мен жарылыстан кейінгі қысымы өседі де, таужыныстары жақсы ұсақталады. Тығыздығы жоғары жарылғыш заттың бірлік көлеміндегі қуаты көп болады. Сондықтан, жару жұмыстарында оның тығыздылығы жоғарылары қолданылады.

***Жарылғыш заттың сыртқы әсерлерге сезімталдығы***. Сыртқы әсерлерге сезімталдығы деп – жарылғыш заттың соққыға, үйкелуге және отқа (қызуға) сезімталдығын айтамыз. Жарылғыш зат соққыға сезімталдығын сынау үшін оны азғантай (0,05) болаттан жасалған екі цилиндрдің арасына салады. Бұл цилиндрлер муфтаның ішіне қойылып, поддонға орнатылады. Жоғарғы цилиндрдің үстінен салмағы 2 кг темірмен соққы жасалып қойылады. Бұл үшін темір әр түрлі биіктікке көтеріліп, өз салмағымен бос тасталып отырады (қастың арнаулы коперы арқылы). Жарылғыш зат соққыға

сезімтал болса, темір аз биіктіктен түссе де, жарылыс пайда бола бастайды (мысалы, динамитке 17 см ғана керек). Соққыға сезімділігі бәсеңдеу жарылғыш заттың жарылуы үшін темірді әжептәуір биіктіктен тастау керек (мысалы, аммонитке 60–70 см).

Жарылғыш заттың үйкелуге сезімталдығын арнаулы маятникпен сынайды. Бұл үшін ұзындығы 2 м маятниктің үшіне 1 кг жүк орнатады. Маятник теңселген мезгілде жүк төменде жатқан 7 г жарылғыш зат үстін жанап өтіп (үйкелеп) отырады. Маятник 180 рет теңселгенде, ол жарылмаса не от алмаса, онда ол үйкелуге қауіпсіз болып есептеледі. Қазір өндірісте қолданылып жүрген жарылғыш заттың көпшілігі үйкелу жағынан қауіпсіз.

Жарылғыш заттың отқа сезімталдығын байқау үшін оның 0,05 г шыны ыдыс арқылы сұйық заттың ішіне салады. Содан соң сұйық заттың температурасын біртіндеп көтере бастайды. Әрбір жарылғыш зат өзінің жарылыс температурасына жеткен кезде от алады. Мысалы, динамиттер $200^0$С-та, ал аммониттер $300^0$С шамасында от алады.

*Жарылғыш заттың дүмпітуді жеткізуге икемділігі*. Жарылғыш заттың екі патронын алып, оларды бір-бірінен сәл алыстатып қойып, бірінші патронды детонатр арқылы жарсақ, екінші патрон өзінен-өзі жарылады. Бұл екі патрон арасындағы қашықтық мөлшері, жарылғыш заттың детонацияны жеткізуге икемділігіне байланысты.

Жарылғыш заттың детонацияны жеткізуге икемділігін сынау үшін бірінші патрон (патрон-боевик) жазық жердің үстіне қойылып, екінші патрон да сол бағытта белгілі қашықтықта тұрады. Екі патронның арасы қадағаланып өлшенеді. Жарылыстан кейін жаңағы патрондар жатқан жерде үңгірлер пайда болады. Егер әрбір үңгірдің ұзындығы патронның ұзындығынан кем болмаса, онда детонацияның толық болғандығы. Егер жерде бір ғана үңгір болып немесе екінші үңгір азғантай болса, онда екінші патронға детонацияның жеткізілмегені. Соңғы жағдайда екі патронның арасын азайтып, сын жұмысын қайта жүргізу керек. Әрбір жарылғыш заттың өзіне сәйкес детонация жеткізілетін қашықтығы болады. Бұл

шамалар келесі тарауда беріледі. Іс жүзінде жарылғыш заттың детонацияны жеткізуге икемділігі өте маңызды. Мысалы, шпурға патрондарды салған кезде патрондардың бірі-біріне онша жақын орналаспауы мүмкін. Кейде екі патронның арасына таужыныстарының ұнтақтары түсуі де ықтимал. Бұл жағдайда жарылғыш заттың детонация жеткізуге икемділігі жеткілікті болса, шпурдағы заряд толық жарыла береді.

*Жарылғыш заттың улы газдар шығару мүмкіншілігі*. Жарылыс кезінде улы газдардың пайда болуы, жарылғыш заттың химиялық құрылысы мен оттекті балансына байланысты екені бұрын айтылған. Мұнымен қатар, улы газдардың мөлшеріне жару жұмысының әр түрлі жағдайлары да себеп болады. Мысалы, шпурдың забойкасы онша тығыз болмай немесе жарылғыш зат шпурда жақсы детонацияланбаса, улы газдар әлдеқайда көп шығады. Кейбір жарылғыш зат қоймада көп жатып қалса, детонация сезімталдығын жоғалтады. Бұл жағдайларда олардан улы газ көбірек шығады. Аммиактық-селитраға негізделген жарылғыш зат дымқылданса жақсы детонациаланбайды да, жарылыс кезінде улы газды көбірек береді. Жарылғыш зат улы газды қаншалық шығаратындығын Бихель мен Долговтың жасаған бомбасынан білуге болады. Ол бомба сом болаттан жасалған, іргесі қалың, цилиндр пішінді болып келеді. Бомбаның ауыр (салмағы бірнеше центнер) қақпағы бар. Жару – электр тогын өткізетін клеммалар, олар жарылыстан кейін газдардың үлгісін алатын арнаулы айналма мен жарылғыш зат ілетін ілгектер, сол қақпаққа орнатылады. Бомбаның ішкі көлемі 50 л тәжірибе кезінде 100 г жарылғыш зат қақпақтың ішкі жағындағы ілгектерге ілінген шпагаттармен бомбаның ортасына орнатылады да, электрдетонатор арқылы арттырылады. Жарылыстан кейін пайда болған газдардың біразын (проба) айналма арқылы шығарып алып, химиялық зертханаларда анализ жасайды. Анализден кейін газдардың құрамы және оның ішіндегі улы газдардың қаншалықты екені анықталады. Шахта жағдайында арнаулы шектерде жарылғыш затты жарып, одан құтқарғыштар отрядтары қызметкерлеріне үлгі алғызып, одан кейін анализ арқылы улы газдардың

мөлшерін табуға болады. Жарылыс кезінде пайда болатын негізгі улы газдар, көміртегі тотығы (CO) мен азот қышқылдары ($NO_2$ т.б).

***Көміртегінің қос тотығы CO*** (иіс газы) көзге көрінбейтін және оңай сезілмейтін газ. Ауада бұл газдың мөлшері өте аз болса адамның тек басы ауруы мүмкін, ал көбірек болса, кісі талып, тіпті өліп кетуі де мүмкін. Мұның ауадағы көлемі 0,42% болса, кісі лезде уланады. Шахта ішіндегі ауада бұл газдың концентрациясы көлемі жағынан 0,0016%, яғни салмағы жағынан 0,02 мг/л мөлшерінен аспауы керек.

**Азот қышқылдары ($NO_2$ т.б)** қызғылт-күрең түсті және оның адамды сескендіретін иіс болады. Бұл газ алдымен тыныс мүшелерін уландырып, кейде өкпені ірітіп жібереді. Бұл газдан адамның уланғандығы, 4–5 сағаттан кейін ғана белгілі болады. Қатты уланған адам жөтеліп, құсып, кейде қан түкіреді. Ауада азот қышқылының көлемі 0,02 %-ға жеткенде, өлім қаупі туады. Шахта ішіндегі ауада бұл газдың концентрациясы, көлем жағынан 0,005 мг/л мөлшерден аспауы керек. Азот қышқылының улылығы (токсичность), көміртегінің қостотығынан 6,5 есе көп деп есептеледі.

Жер астындағы қолданылатын жарылғыш заттың газ жағынан нормасы, көміртегі тотығының есебімен алғанда бір кг-ға, 40 л болып есептеледі. Мысалы, қолданылатын жарылғыш заттың 1 кг-ын арттырғанда, 12 л көміртегі тотығы, 4 л азот қышқылы шығады делік. Сонда, улы газдардың жалпы саны (көміртегінің қостотығы) 12*1+6,5=38 л/кг болып есептеледі.

*Жарылғыш заттың сақтық қасиеттері***.** Көмір және күкірт шахталарында жер астынан жанатын газдар шығып жатады. Бұл жанатын газдар ауадағы оттегімен араласып, жарылғыш қоспалар жасайды. Жер астынан шығатын газдардың ең жиі кездесетіні – метан ($CH_4$). Метаннан басқа сутегі, әр түрлі көмірсулар, күкіртсутек, оттегі мен байланысқан күкірт газдары, т.б. кездеседі. Бұл газдармен қатар, ауада ұшып жүрген жанғыш шаңдар (көмір, күкірт шаңдары) жарылысқа қауіпті. Сондықтан, мұндай жанғыш газдар мен шаңдар жағынан қауіпті

шахталарда, арнаулы сақтық қасиеті бар жарылғыш зат қолданылады.

*Метан* – көзге көрінбейтін, иісі жоқ, ауада екі есе жеңіл газ. Шахтадағы ауада метанның шамасы 5-16% болса, оңай жарылып кететін рудник газы (күркірек газ) пайда болады. Ал рудник газының жарылыс реакциясы мына түрде өтеді:

$$CH_4+2O_2+8N_2=CO_2+2H_2O+8N_2+198{,}4\ \textit{ккал/моль}.$$

Ауа мен метанның қауіпті қосындысы (рудник газы) температура 1000ºС-қа жеткенде, 1 сек ішінде жарылады. Температура 2200ºС-қа жеткенде, бұл газ лезде жарылады. Сондықтан сақтық қасиеті бар, жарылғыш заттың жарылыс температурасы 2200ºС-тан төмен болуы керек.

Жарылғыш заттың жарылыс температурасын азайтып, оған сақтық қасиетін беру үшін олардың құрамына хлорлы (KCL, NACL, $NH_4CL$) тұздар қосады. Бұл тұздар жарылыс реакциясына кіріспейді, бірақ жарылыс кезінде еріп, жалпы жылылықты, яғни теператураны азайтады. Мұнымен қатар, бұлар жарылыс газдармен бірге ауаға шығып, метанның кислородпен қосылыс реакциясына бөгет жасайды. Сондықтан, мұндай тұздарды жалын сөндіргіш (пламегаситель) деп те атайды.

Кейде жарылғыш заттарға сақтық қасиет беру үшін, олардың патронының сыртына арнаулы сақтық қабығын кигізеді. Бұл – қабықта да, жалын сөндіргіш заттарда да болады. Жарылғыш зат сақтық қасиеті арнаулы тәжірибе штрегінде байқалады. Бұл штрек диаметрі 1,5 м, ұзындығы 45–20 м болат труба. Бұл трубаның жабық түп жағында мортираға арналған тесік болады. Трубаның ішін (түп жағынан 5 м шамасында) қағаз диафрагмамен бөледі де, газдық камера жасайды. Тәжірибе жүргізген кезде бұл камераға метан жіберіп, рудник газын жасайды да, мортираның ішіне сыналатын 600 г сақтық қасиетті жарылғыш зат салып жарады. Штектің түп жағындағы тесік арқылы жарылыстан кейін пайда болған қызулы газдар камераға келіп, рудник газдармен араласады. Осылай бірнеше рет (3-10) тәжірибе жасағанда, камерадағы рудник газдары

жарылмаса, онда жарылғыш зат – газдан қауіпті шахталарда қолданылуға рұқсат беріледі. Шаң жағынан сақтығы бар жарылғыш зат жоғарыда айтылғандай сыналады.

## 2.2. Жарылғыш заттардың сыныптамасы

**Жалпы ұғым**. Жарылғыш заттар – бір немесе бірнеше химиялық заттардың қоспаларынан тұрады. Кен өндірісінде қолданылатын жарылғыш заттың көпшілігі 2–3, кейде одан да көп заттардан құралған қоспалар. Оның себебі, жеке химиялық жарылғыш зат қолдану, кен өндірісінде қауіпті. Мысалы, нитроглицерин $C_3H_5(ONO_2)_3$ күшті жарылғыш зат, бірақ оны жеке қолдануға болмайды. Өйткені, ол азғантай сыртқы ортаның әсерінен (түрткі, соққы) оп-оңай жарылып кетеді. Кейбір химиялық заттар сыртқы әсерге онша сезімтал емес. Мысалы, тротил $C_7H_5(NO_2)_3$, бірақ мұнда оттегі аз (оттегінің балансы – 74%), сондықтан ол жарылыстан кейін улы газдарды көп шығарады. Сол себепті, мұны жер астындағы жұмыстарда қолдануға болмайды.

Бірнеше заттардың қосындысынан құрылған жарылғыш заттың артықшылығы – олардан әр түрлі жарылғыш заттар жасауға болады. Қазір қолданылып жүрген жарылғыш затты топтастыру үшін төмендегі сипаттамаларды негізге алуға болады: 1) жарылыс уақытында таужыныстарына жасайтын әсерінің түрі бойынша; 2) қолданылатын жағдайларына қарай; 3) жарылғыш затдың негізгі компоненттерінің қасиеттері бойынша.

1. Таужыныстарына тигізетін әсері бойынша жарылғыш зат үш түрге бөлінеді а) лақтырғыш; ә) бризантты; б) бастауыш жарылғыш заттар.

Лақтырғыш жарылғыш заттың жарылыс жылдамдығы мен күші онша болмайды да, бұлардың таужынысына жасайтын қысымы біртіндеп өседі. Осының салдарынан, бұлар таужынысын онша ұсақтай алмайды да, кесек-кесек түрінде алысқа лақтырады. Лақтырғыш жарылғыш заттың мұндай қимылын – *фугастық қимыл* деп те атайды.

Бризанттық жарылғыш заттың жарылыс жылдамдығы да, күші де әлдеқайда көп. Бұлардың жарылысы, дүмпіту түрінде өтеді. Сондықтан бұлар таужынысын күл-талқан етіп ұсақтап, сол орнында қалдырады (онша алысқа лақтырмайды).

Бастауыш жарылғыш зат (инициирующие) сыртқы әсерге өте сезімтал келеді де, сәл ұшқын (оттан) мен соққыдан оп-оңай жарылып кетеді. Сондықтан, бұлар таужыныстарын бұзуға қолданылмайды. Тек негізгі өндірістік жарылғыш затты жару үшін (бастапқы импульсті беруге) жасалатын құралдарда (детонаторларда) ғана қолданылады. Бастауыш жарылғыш зат өздері тез от алады да, лезде күшті қысым мен қызу (температура) жасайды. Сондықтан, олар оңайлықпен атылмайтын өндірістік жарылғыш затта, бастапқы жарылысты туғызады. Сол себепті бұлар – *бастауыш жарылғыш зат* деп аталады.

2. Қолданылатын жағдайларына қарай жарылғыш зат негізгі үш түрге бөлінеді. Бұлар: а) тек ашық жұмыстарда ғана қолданылатын: ә) жер астында, газдан қауіпсіз шахталарда қолданылатын; б) газ бен шаң қауіпті шахталарда қолданылатын жарылғыш заттар.

Тек ашық жұмыстарда пайдаланылатын жарылғыш зат кен жұмыстарының жағдайына сай, онша қымбат болмаса болғаны.

Жер астындағы жұмыс жағдайы, ашық жұмыстан әлдеқайда ауыр. Сондықтан жер астында қолданылатын жарылғыш заттар едәуір күшті, әрі детонацияға сезімтал болуы керек. Мұнымен қатар, жер астындағы жұмыстарға арналған жарылғыш зат улы газдарды аз шығаруы шарт. Белгіленген норма бойынша 1 кг жарылғыш зат, көміртегінің қос тотығы есебімен 50 л-ден артық улы газ шығармауы көзделген. Жер астында қолданылатын жарылғыш зат қажет кезінде ашық жұмыстарда қолданалғанымен, оларды жер астында пайдалануға болмайды. Газ бен шаңнан қауіпті шахталарда қолданылатын жарылғыш зат жоғарыдағы қойылған талаптардың бәрін қамтамасыз етуге тиіс. Бұған қоса, олардың сақтық қасиеттері болу керек.

3. Негізгі компоненттерінің химиялық жаратылысына байланысты жарылғыш зат төмендегі топтарға бөлінеді: 1) амиактық-селитралық жарылғыш зат; 2) нитроглицериндік

жарылғыш зат; 3) сирек қолданылатын жарылғыш зат (окисликвиттер, оқ-дәрілер, хлоротиттер, т.б.; 4) бастауыш жарылғыш зат (бірінші және екінші инициаторлар).

Жарылғыш заттар қолдану жағдайына байланысты мына топтарға бөледі: біріншісі – инициирлеуші жарылғыш зат. Бұларды дүмпіткіштерді жарақтау үшін қолданады: екіншісі – бризантты жарылғыш зат. Бұларды – өндірістік жарылғыш зат дайындауға және дүмпіткіш пен дүмпіткіш бауды жарақтауға қолданылады.

*Өндірістік жарылғыш зат.* Бұларды тау-кен өндірісінде жару жұмыстары мен басқа да халық шаруашылық салаларында қолданады.

Өндірістік жарылғыш зат мына сыныптарға бөлінеді:

I – сыныптағы жарылғыш зат, тек ашық жұмыстарда ғана қолданылады.

II – сыныптағы жарылғыш зат, жерасты жұмыстары үшін тозаң мен газдарды қауіпсіз шахтыда қолданылады.

III – сыныптағы арнайы белгіленетін қолдануы шектеулі сақтандырғыш жарылғыш зат (А – таужыныстарын ұсату жұмыстарында; Ә – гидрожару жұмыстарында; Б – күкіртті шахтыларда; В – сутегі мен көмірсутек бойынша қауіпті шахтыларда).

IV – сыныптағы жарылғыш заттарды, көмір өндіру жұмыстарында қолданады, олар – сақтандырғыштар.

V – сыныптағы жоғары сақтандырғыш жарылғыш зат.

VI – сыныптағы өте жоғары сақтандырғыш жарылғыш зат.

Жарылғыш зат құрамы бойынша – химиялық қосылысты және механикалық қоспалар болып бөлінеді. Химиялық қосылыстарда – қоспа құрамы химиялық жарылғыш қосылыстардан, ал механикалық қоспада – қоспа құрамы жарылғыш емес заттардан тұрады.

Механикалық қоспалардың барлығында жарылғыш зат кең таралған, аммиакты-селитралы жарылғыш зат (аммониттер, аммоналдар, акватолдар, түйіршікті гранулиттер, динамондар, т.б.), нитроглицеринді жарылғыш зат (динамиттер), төмен пайызды нитроглицеринді жарылғыш зат, ол қатты болып

бірнеше топқа бөлінеді. Мұнда жарылыстың жалынданбау қасиеті, ерекше маңызды.

### 2.3. Жарылғыш химиялық қосылыстар

Өнеркәсіпте жарылғыш зат өндірістерінде кең қолданылатын химиялық жарылғыш қосылыстар 5-кестеде келтірілген.

**$PbN_6$ қорғасын азиді** – ақ түсті, ұнтақ кристалл түйіршіктері, азотты сутек қышқылының тұзы $HN_3$. Кристалл тығыздығы 4,8 кг/дм$^3$. Ылғалдылығы 30 % болса да, өзінің жарылғыш қасиетін жоғалтпайды. Гүрілдек сынапқа қарағанда қорғасын азиді, механикалық әсерлер мен отқа аздап болса да сезімталдығы бар. Тұтану температурасы (бұл жағдайда дүмпу өтеді) 330$^0$С, соққыға сезімталдығы 6 см.

Қорғасын азиді де гүрілдек сынап сияқты инициролеуші жарылғыш зат, ол от пен соққыда жақсы дүмпиді. Бұл инициролеуші жарылғыш заттың гүрілдек сынапқа қарағанда күшті. Оның дүмпіткіштегі тығыздығы 4,6 кг/дм$^3$ дейін престеледі. Дүмпіту жылдамдығы 5300 м/с.

Ылғал мен көмір қышқылы қатынасында қорғасын азиді мысқа оңай әсер етіп, сезімтал мыс тотығының азидін түзеді. Ол темірмен қиын әрекеттеседі, ал алюминиймен мүлдем әрекеттеспейді. Сол себептен, қорғасын азидінің дүмпіткіштегі – алюминийден, бейметалл немесе картон гильзадан дайындалады. Мыс гильзасы да қорғасын азидіне кері әсер етпейді.

Гүрілдек сынапқа қарағанда қорғасын азидінің отқа сезімталдығы біршама аз. Ал гильзаға азид-тетрил дүмпіткішінің кедергісіз әсерінен, қорғасын азидінің жоғарғы жағына тұтану температурасы 270$^0$С болатын біраз мөлшердегі теңерісті салады.

Гүрілдек сынап – Hg ($CNO_2$) – ақ немесе сұр түсті ұсақ кристалды зат, металды сынапты этил спирті мен азот қышқылында өңдеу жолымен алынады. Кристалл тығыздығы 4,42 кг/дм$^3$, гравиметриялық тығыздығы 1,6 құрғақ гүрілдек сынап, от пен механикалық әсерлерге сезімтал. Тұтану температурасы (осы кезде дүмпу өтеді) 160-165$^0$С. Кристалл жырықтары мен сызаттары арқылы жарылыс жүреді.

Ылғал тартқыш гүрілдек сынап аса күшті емес, бірақ су астында 30% болса, ол от пен соққы әсерінен атылмайды. Бірақ, сұйық гүрілдегіш сынап, оқтама жарылыстан жақсы дүмпілдейді.

Гүрілдек сынап, дүмпіткішінде гильза сияқты 205 кгс/см$^2$ аспайтын қысымда престеледі. Осы кезде оның тығыздығы 3,3 кг/дм$^3$ жетеді. Гүрілдек сынаптың көрсетілген тығыздығы өскен кезде от сәулесінен, дүмпіткіштігі тоқтатылады да, кері әсер береді.

Ылғалды гүрілдек сынап кейбір металдармен әрекеттесуге қабілетті, бұл кезде аса қауіпті жарылғыш қосылыс – фульминаттар түзіледі. Әсіресе, ол алюминиймен оңай әрекеттеседі (сол себепті оны алюминийлі гильзаға салмайды). Сынапты улы бу түрінде пайдалану үшін жерасты жұмыстарында гүрілдек сынап дүмпіткіштері шектеулі. 3,3 кг/дм$^3$ тығыздықтағы гүрілдек сынаптың дүмпу жылдамдығы 5,4 км/с болады.

**ТЭН (тетра нитропента эритрит) – $C_5H_8$ $(ONO_2)_4$** – ақ түсті кристалл ұнтақ, төрт атомды спиртті өңдегендегі өнім – тетранитропентаэритит (ТЭН). ТЭН – ылғалданбайды. Ол дүмпіткіш бау мен дүмпіткіштерді дайындағанда, инициирлеуші жарылғыш зат ретінде қолданылады. ТЭН дүмпіткіштегі тығыздығы 1,62 кг/дм$^3$ дейін престеледі. ТЭН дүмпіту жылдамдығы 8,2 -8,7 км/с, тұтану температурасы – 220$^0$С.

**Гексоген – $C_3H_6$ $N_3(NO_2)_3$** – уротропинді нитрленгендегі ақ түсті кристалдық ұнтақты өнім: ылғалданбайды, химиялық құрамы жағынан тұрақты. Тұтану температурасы 290$^0$С. 1,7 кг/дм$^3$ тығыздықтағы дүмпу жылдамдығы 8,3 км/с. Дүмпіткі бауды дүмпітушіні (екінші инициирлеуші жарылғыш зат сияқты) күшті аммониттің кейбір сорттарын дайындау үшін қолданады. Гексоген балқымасы мен қоспасы тротилмен бірге, ашық жарылыс жұмыстарында пайдаланылады.

**Тетрил – $C_6H_2$ $(NO_2)_3$ $N(NO_2)_3$ $CH_3$** – сұрғылт-сары түсті ұсақ кристалды жарылғыш зат. Тұтану температурасы 190$^0$С. 1,65 кг/дм$^3$ тығыздықтағы дүмпу жылдамдығы 7–7,2 км/с тең. Тетрил дүмпуді жақсы қабылдайды және оны басқа жарылғыш затқа береді. Сондықтан, оны дүмпіткіште екінші инициирлеуші

зат ретінде қолданады, сөйтіп ол 1,68 кг/дм$^3$ тығыздыққа дейін престеледі.

**Тротил (тол, тринитротолуол) – $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$** – сары түсте қабыршық пластина түрінде болатын қатты жарылғыш зат: толуолды нитрлегенде – коксхимиялы өндірістің өнімі ретінде алынады. Балқу температурасы 80$^0$С, тұтану температурасы 270–300$^0$С. Престелген тротил қопарғыш шашкалар мен патрондарды дайындағанда қолданылады. Ол ұнтақ түрдегі (ұсақталған) және түйіршіктелген – көптеген өнеркәсіптік жарылғыш зат дайындау үшін қолданылады (аммониттер). Балқыған тротил капсюл – дүмпіткішінде сезімталдығы төмен және ұнтақ түрдегі тротил дүмпіткіштің орталығында жарылады; қолданылғанда қауіпсіз, әрі ылғалданбайды.

Коллоидты ұлпа немесе пироксилин – азот қышқылының торшасын күкірт қышқылының қатысында өңдеу кезінде алынатын қатты жарылғыш зат 11 нитроптағы пироксилин $C_{24}H_{29}O_9(ONO_2)_{11}$ – *ерімейтін зат* деп аталады. 9 нитроптағы $C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9$ еритін пироксилин немесе коллоидты ұлпа деп аталады. Спирт қоспасында ол эфирде, нитроглицеринде, нитрогликольде және бейорганикалық еріткіштерде еріп, коллоидты ерітінді түзеді. Коллоидты ұлпаны түтінсіз оқ-дәрі мен динамиттерді дайындауда қолданады. Престелген шашкадағы пироксилин тығыздығы 1,2 кг/дм$^3$ болғанда, дүмпу жылдамдығы 4,3 км/с. Тұтану температурасы 177$^0$С.

**Нитроглицерин - $C_3H_5(ONO_2)_3$** – глицеринді азот және күкірт қышқылдарымен өңдегенде алынатын сұйық майлы: одан нитроглицерин алынады, оның тығыздығы – 1,6 кг/дм$^3$. Тұтану температурасы – 180$^0$С. Жұмыс істегенде қауіпті және зерттелетін сұйық консистенциялы нитроглицериннің жеке өзі, жару жұмыстарында пайдаланылмайды. Бірақ, ол көптеген жарылғыш заттардың құрамының бірі (динамиттер, детониттер, победиттер, т.б.), сол сияқты нитроглицеринді оқ-дәрі жасау үшін пайдаланады.

Таза нитроглицерин +13 және +2$^0$С-те қатады (кристалданады). Бұл физикалық қасиетіне қарай, оның екі модификациясының болатындығымен түсіндіріледі. Қатайған, әсіресе жартылай қатқан

инитроглицеринмен жұмыс істеу, сұйыққа қарағанда онша қауіпті емес. Нитроглицериннің дүмпу жылдамдығы әдістің жағдайларына байланысты: 1,165-тен 9,15 км/с айналады.

**Нитрогликоль – $C_2H_4(ONO_2)_{32}$** – гликольді нитрлегендегі алынатан сұйық жарылғыш заттың тығыздығы 1,49 кг/дм$^3$. Дүмпіту жылдамдығы 8,3 км/с, қату температурасы – 22,6$^0$С. Ол нитроглицеринмен оңай араласып, оның қату температурасын төмендетеді, қиын қататын динамиттер мен басқа да нитроглицерин жарылғыш затты дайындауда қолданылады. Каллоидты ұлпа, нитроглицерин және нитрогликольдің жалпы атауы – нитроэфирлер.

**Аммиакты селитра – $NH_4NO_3$** – азотты тыңайтқыш, зауыттардан синтетикалық жолмен ақ кристалл ұнтағы түрінде алынады: өте гигроскопиялы және суда оңай ериді. Жеке кристалдарының тығыздығы 1,7 кг/дм$^3$ -16 және +32$^0$С температурада бірігіп, тасымалдануда аммиакты селитраның жаңадан кристалдануы жүреді. Нәтижесінде (жұмсақ) борпылдақ селитра – жұмыр, қатты массаға айналады. Сақтау ұзақтығы кезінде, әсіресе ылғалдық ауысқан кезде ол нығыздала бастайды. Аммиакты селитра көптеген жарылғыш заттың негізгі құрамының бірі, оны тау-кен жұмыстарында пайдаланады. Ол тек қана оттегі тасығыш емес, сондай-ақ ол жарылғыш зат. Аммиакты селитраның дүмпу жылдамдығы 1,5-3км/с. Оны дүмпіткіште – аммонит оқтамасының массасымен инициирлейді. Аммиакты селитра жарылыс кезінде көптеген газдар түзеді, жылуды аз бөледі. Сонымен қатар, жарылыс температурасы төмен, ол сақтандырғыш жарылғыш заттың басты компоненті болып саналады.

Аммиакты селитраның нығыздалуы мен гигроскопиялық қасиетін төмендету үшін, оған гидрофорбты қосымша темір тотығымен (жарылғыш зат маркалы селитра) өңдеп, түйіршіктейді.

## 2.4. Нитроглицеринді жарылғыш заттар

Нитроглицеринді жарылғыш заттар аммиакты селитрамен салыстырғанда өте кең пайдаланылады. Нитроглицеринді жарылғыш заттың негізгі компоненті сұйық нитроэфирлер – нитроглицерин мен нитрогликоль. Жоғарғы пайыздық нитроглицеринді жарылғыш зат компонентерінің аса қауіпті түрлері практикада аммиакты селитраны, жарылғыш затты толығымен ығыстырады.

Жоғарғы пайыздық нитроглицеринді жарылғыш зат ретінде 62 %-і динамитте қолданылады. Бұл (37%) нитроглицериннен және (25%) нитрогликоль, коллоидты ұлпа (3,5%) калий немесе натрий селитрасы (32%) мен ағаш ұны (2,5%) қоспаларынан тұрады. Патрон тығыздығы 1,45 г/см$^3$ болатын жарылғыш заттың тығыз пластикалық массасы қағаз гильзада патрондалады. Динамит суға тұрақты, оның жұмыс қабілеттілігі –380 см$^3$, бризанттылығы – 16 мм, соққыға сезімталдығы – 28 см. Қату температурасы – 20$^0$С. Ол қатайған кезде дүмпіткіш қасиеті нашарлап, ал жұмыс кезінде оның қаупі жоғарылайды.

Қатайған динамитті қолданар алдында оны +30$^0$С-тан аспайтын температурада жылыту керек. Сонымен қатар, сақтау кезінде температураның жоғарылауы салдарынан, эксудация – патрон массасынан сұйық нитроэфирлердің бөлінуі мүмкін. Эксудирлеуші динамитпен, нитроглицерин сияқты жарылғыш затпен жұмыс істеу мейлінше қауіпті. Сондықтан эксудирлеуші динамитпен жұмыс істегенде, оны сақтауға рұқсат етілмейді. Ал эксудирлеуші динамитті жайлап жоюға болады.

## 2.5. Төмен пайызды нитроглицеринді жарылғыш заттар

Соңғы уақытта шетелдерде, сондай-ақ ТМД елдерінде төмен пайызды нитроглицеринді жарылғыш зат қолданылады, олардың құрамында 15%-ға дейін нитроэфирлер бар. Кейде онымен жұмыс істеу қауіпті, әрі ол ортаны улауы да мүмкін – 20$^0$С аязда тұрғанан кейін оны +10$^0$С-ден төмен емес температурадағы ортада ұстау қажет. Сонымен қатар, бұл

жарылғыш зат өндірісінде арнайы цехтарды қажет етеді, сол сияқты нитроэфирлер сырттан әкелінбейді. Бұлардың барлығының негізін жасайтын жарылғыш зат ерекше топтарға, яғни төмен пайызды нитроглицеринді жарылғыш затқа бөлінеді.

**Детонит №10 А және детонит М** – бұл 10% дейін нитроэфир және 10 % алюминий ұнтағынан 8–11% тротилден, 70 % аммиакты селитрадан тұратын ұнтақ тәрізді, сақтандырғыш емес жарылғыш зат. Патрондау тығыздығы 1,1–1,3 г/см$^3$, жұмыс қабілеттігі 425–460 см$^3$, бризанттылығы 17–18 мм, патрондар дүмпуінің берілуі (диаметрі 36 мм) 10–12 см. Олардың су ішінде бірнеше сағат ұстап тұрғандағы өзінің сапасын жоғалтпайтын қасиеті, оны берік жыныстарда бұрғылаған скважиналар мен суы бар теспелерді оқтау үшін қолдануға ұсынылды. Бұл топтың, сақтандырғыш жарылғыш затқа қатысы бар. Олардың теспеде тығыздағанда аммонитерге қарағанда, өзінің дүмпулік қабілетін өзгертпейтіндігі және көпке дейін мұны сақтап ұстап тұруы мен дүмпігіш қабілеттігін жақсы сақтауы. Нитроэфирмен бірге сақтандырғыш жарылғыш зат сипаттамасы мен олардың құрамы 8-кестеде келтірілген.

**Победит ВП-4** – 10% нитроэфирден тұратын сақтандырғыш жарылғыш заттың III сыныбына жатады. Оның дүмпіткіштік қасиеті жақсы, әрі АП-5ЖВ аммонитке қарағанда, сулы кенжарлар мен берік жыныстарда пәрмеңділігі жоғары.

**№1 ЖВ күкіртті және №3 ЖВ мұнайлы аммониттері** – арнайы белгіленген (III сынып В мен Г тобы) сақтандырғыш жарылғыш зат болып табылады. Олардың III сыныптық жарылғыш затқа қарағанда, сақтандырғыш қасиеті жоғары. Бірінші жарылғыш зат 5%, екіншісі 9% нитроэфирлерден тұрады.

**Угленит- Э-6-V** сыныпты сақтандырғыш жарылғыш зат. Оның негізгі компоненттері, ион алмасу тұзы – натрий нитраты мен аммоний хлориді, ал жарылғыш зат құрамында 14% нитроэфир болады.

Температура мен қысым жоғарылаған сайын, ион алмасу тұздары дүмпуді нитроэфирлермен қамтамасыз етіп, шақ түріндегі инертті тұздар мен бөлінетін инертті газдарды тасымалдайтын алмасу реакциясынан басталады:

$$NaNO_3 + NH_4Cl \rightarrow NaCl + N_2 + 2H_2O + 0{,}5O_2$$

Артық оттегі, жанғыш элементтер – ағаш ұнын тотықтырады. Угленит Э-6 дүмпіткі қасиеті жақсы, жұмыс қабілеттілігі 130-170 $см^3$, кейде оның суға тұрақтылығы төмен. Бос ілінген заряд (200 г углетит Э-6) метан – ауа қоспасында жарылыс тудырмайды. Қара түтінді оқ-дәрі (75%) калий селитрасынан, (15%) ағаш көмірінен және күкірттен (10%) тұратын механикалық қоспа болып табылады. Оны тау-кен өндірістеріндегі ашық жару жұмыстарында пайдаланады. Бұл жарылғыш зат өзінің бризанттылық қасиетінің түрімен ерекшелінеді, жарылыс үшін ірі монолиттерді (мрамор, гранит) өндіруге пайдаланылады. Түтінді қара оқ-дәрі үйкеліске, соққыға және жарылысқа аса сезімтал болғандықтан, онымен жұмыс істегенде абай болу керек.

Коллоидты түрдегі оқ-дәрі (пироксилинд оқ-дәрі) жарылыс жұмыстарында аз қолданылады. Оларды кейде скважиналық оқтамаларды жару үшін пайдаланады. Скважиналық оқтама кезінде пироксилинді оқ-дәрі, аммиакты селитраның қаныққан ерітіндісімен араластырылады. Бұл, оқ-дәрімен жұмыс істегенде қауіпсіздік пен оқтау техникасы жұмысын жеңілдетеді. Сонымен қатар, жарылыс энергиясы мен бризанттылығын жоғарылатады.

### 2.6. Аммиакты селитралы жарылғыш заттар

Аммиакты селитралық жарылғыш зат – аммиак селитрасынан, жанғыш заттардан, т.б. қосымшалардан (компоненттерден) тұрады. Жалпы күші және детонациалық қабілеті басым болу үшін кейбір аммиактық селитраға азғана сенсибилизаторлар (жандандырғыштар) қосады. Сенсибилизатор ретінде күшті аммиак химиялық жарылғыш зат қолданылады (нитротуындылар). Аммиактың селитраға қосылған компоненттері мен зауыттағы жасау технологиясына қарап, аммиактық селитралық жарылғыш заттың аттары да әр түрлі болады. Ал қазір қолданылып жүрген аммиактық-селитралық жарылғыш зат – негізгі үш түрге бөлінеді.

1. Оңай жасалатын арзан аммиакты-селитралық жарылғыш зат (аммиактық селитрамен қатты немесе сұйық жанғыш заттардың қоспалары).

2. Түйіршіктелген (гранулированный) аммиакты селитрамен тротилдің қоспасынан жасалған жарылғыш заттар (зерногранулиттер, т. б.).

3. Майда үгілген аммиактық селитра мен тротилдің қоспасынан, т.б. ұсақ қосымшалардан жасалған жарылғыш зат.

Жалпы алғанда, аммиактық-селитралық жарылғыш заттың негізгі компоненттері – аммиактық селитра мен тротил болып есептеледі.

***Аммиак селитрасы.*** Аммиактық-селитрасы $NH_4NO_3$ ақ түсті кристалл ұнтақ. Оның гравиметриялық тығыздығы 0.7-1г/см, ал кристалдарының нағыз тығыздығы 1,71. Аммиактық селитра ерте заманнан бері белгілі болғанмен, оның негізгі қасиеттерін бірінші рет 1969 жылы Глоубер анықтаған.

Қазіргі уақытта аммиактық селитраны ауадан синтетикалық жолмен алады. Күшті жарылғыш затты біраз қосып, аммиактық - селитрасын жаруға болады. Бұл жағдайда аммиак - селитрасының жарылыс реакциясы төмендегі түрде өтеді:

$$2NH_4NO_3=4H_2O+2N_2+O_2+30,7\ \frac{ккал}{моль}$$

Көбінесе аммиактың селитрасы жарылған уақытта (разложении) улы азот тотығы көп шығады. Өйткені, аммиак селитрасы детонацияға онша сезімтал емес. Сондықтан ол көбінесе жақсы жарылмайды да, ажырау реакциясы жоғарыдағыдай өтпейді. Бірақ, аммиак селитрасына жанғыш заттар қосса, ол жақсы жарылып, улы газдарды онша көп шығармайды.

Өндірісте аммиакты селитра жеке түрінде жарылғыш зат ретінде қолданылмайды десе де болады. Бірақ ол жарылғыш заттың негізгі компоненті ретінде өте көп қолданылады. жарылғыш зат компоненті ретінде аммиак селитрасының жақсы қасиеттері өте көп. Біріншіден, ол сыртқы әсерлерге онша сезімтал емес, сондықтан онымен жұмыс істеу қауіпсіз.

Екіншіден, жарылыс мезгілінде ол толық газға айналады. Үшіншіден, оның оттегілік балансы оң (оттегіге бай), сондықтан жанғыш заттарды оттегімен оңай жабдықтай алады.

Жоғарыда айтылған жақсы жақтарымен қатар, аммиак селитрасының кейбір кемшіліктері де бар. Біріншіден, аммиак селитрасы тез дымқылданғыш (гигроскопты). Екіншіден, аммиак селитрасы көп жатып қалғанда, тұтастануға (слеживаемость) бейім. Бұл екі кемшіліктің іс жүзінде үлкен маңызы бар. Дымқылданған немесе тұтасып (жабысып) қалған аммиак селитрасы жақсы жарылмайды, ал жарыла қалса, улы газды көп шығарады да, жарылыс күші нашар болады. Аммиактық селитра суда оңай ериді. Жарылғыш зат дайындау үшін қолданылатын аммиактық селитраның дымқылдығы 0,5-1,5%-дан аспауы керек. Аммиак селитрасы қоймада көп жатып қалса, тұтастанады. Былайша айтқанда, бұрынғы ұнтақ күйдегі кристалдар бір-бірімен жабысып, кесектенеді. Дымқылдану мен температураның жиі өзгеруі, аммиак селитрасының тұтастануын жеделдетеді. Температура -16; +32; +85; және +125 болған кездерде аммиак селитрасының кристалдары бір қалыптан, екінші қалыпқа көшеді (перекристализируется). Бұл жағдайда тұтастану процесі өте жылдам өтеді.

Қазіргі кезде оңай дымқылданбайтын (суға төзімді) «ЖВ» деген аммиак селитрасы шығарылып жүр. Бұдан селитра кристалданар кезде 0,3-0,4 процент майлы затты (қышқыл тұздарын) қосу арқылы жасалады.

*Тротил*. Аммиак селитрасынан жарылғыш зат жасау үшін тротил (тол, тринитолуол) өте жиі қолданылады. Тротил $C_7H_5(NO_2)_3$ – түсі сары, кристал ұнтақ. Оның гравиметриялық тығыздығы 0,8-1,0 г/см$^3$, ал кристалының нағыз тығыздығы 1,66 г/см$^3$. Температура 75-80$^0$С-қа жеткенде тротил еріп, балқиды, ал суда ерімейтіндіктен, оны сулы жерлерде қолдануға болады. Қызулы оттан тротил оңай жанады. Оны жабық жерде (жабық кеңістікте) жандырғанда, қолма-қол жарылып кетеді. Механикалық әсерлерге (соққыға, үйкеліске) онша сезімтал емес.

Тротил әжептеуір күшті жарылғыш зат болып саналады. Жалпы алғанда, ол детонацияға сезімтал. Жарылыс жұмысында тротил ұнтақталған, тығыздалған (престелген) және балқытылып, қатырылған түрінде қолданылады. Ұнтақ және тығыздалған (престелген) тротил қазір қолданылып жүрген жарылыс құралдарынан (детонаторлардан) оңай атылады. Ал балқытылған тротилді жару үшін, біраз порошок түріндегі тротилдік зарядты (аралық детонатор ретінде) қосу керек .

Қазір ашық жұмыста қолдану үшін алюмотол деген түйіршік түріндегі тротилдік жарылғыш зат шығарылып жатыр. Алюмотол түйіршіктер (қиыршықтары) – тротилмен алюминийдің ұнтағының балқымасынан (қорытпасынан) жасалған. Жеке жарған мезгілде тротил улы газдарды көп шығарады. Өйткені, ол оттегіге кедей, әрі оттекті балансы өте аз (74%). Ал тротил мен аммиак селитрасының қоспасынан өте жақсы жарылғыш зат шығады. Мұнда, олар бірінің кемшілігін, екіншісі толықтырады.

Жарылғыш зат компоненті ретінде, тротилдің жақсы жақтары көп. Ол судан қорықпайды, сыртқы әсерлерге онша сезімтал емес, детонацияға оңай беріледі, жанғыш элементтерге бай. Тротил – иісі аңқыған нитротуындылар қатарына жатады. Ол жарылғыш зат сенсибилизаторы ретінде өте жиі қолданылады. Ал өте сирек сенсибилизатор ретінде қолданылатын тағы бір нитротуынды бар, ол –динитронафталин.

***Динитронафталин*** $C_{10}H_6(NO_2)_2$ – сарғылт түсті ұнтақ, гравиметриялық тығыздығы 1,0 г/см$^3$ шамасында, нағыз тығыздығы 1,6 г/см$^3$ суда ерімейді. Сыртқы әсерлерге сезімтал емес. Жеке түрінде жарылғыш зат ретінде қолданылмайды. Өйткені күші өте нашар.

Арзан аммиактық селитралы жарылғыш зат, бұл топқа жататын жарылғыш зат аммиак селитрасы мен жанғыш заттардың қосындысынан тұрады. Жанғыш заттар ретінде қатты не болмаса, сұйық заттарды қолданады. Қатты жанғыш заттар ретінде майда үгілген ағаш немесе көмірдің ұнтақтарын, құрым күйені, т.б. пайдалануға болады. Сұйық жанғыш заттар ретінде – керосин, солидол, солярлық май, т.б. қолдануға болады.

Аммиак селитрасы мен қатты жанғыш заттардың қоспасын – *динамон* деп атайды. Динамон қазіргі уақытта өте сирек жұмсалады. Бұл Отан соғысы кезінде басқа сапалы жарылғыш заттар жеткіліксіз болған кезде ғана біраз қолданылды. Ағаштың (не қарағай қабығының) үгіндісі мен аммиак селитрасын араластырып, динамонды рудниктегі шеберханаларда қолдан жасап алып жүрді.

Соңғы кездері сұйық жанғыш зат пен түйіршіктеріне (қиыршықталған) аммиак селитрасының қосындысынан жасалған жарылғыш зат кең түрде пайдаланылып келеді. 1958-1959 жылдары *игданит* деген жарылғыш зат шығарыла бастады. Ол түйіршіктелген аммиак селитрасына зарядтаған кезде солярлық майды әлсін-әлсін құю арқылы жасалады. Былайша айтқанда, бұл жарылғыш зат карьерлерде жұмыс уақытында қолдан істелінеді.

1960 жылдан бастап, зауытта жасалатын АС гранулиті мен С гранулиті деген оңай жасалатын аммиакты селитралы жарылғыш зат шығарылады. АС гранулитін құрғақ селитраның түйіршіктеріне (қиыршықтарына) минералдық сұйық май жұтқызып, одан кейін түйіршіктер сыртына алюминийдің үгіндісін себу арқылы жасайды. Ал АС түйіршігін, құрғақ селитра түйіршіктеріне солярлық май жұтқызып, содан кейін оның сыртына алюминийдің үгіндісін себу арқылы жасайды.

Түйіршіктелген арзан аммиакты селитралы жарылғыш заттың жақсы жағы (сапалары): олар сыртқы әсерлерге сезімтал емес, сондықтан оларды жасау және кен өндірісіне қолдану қауіпті емес. Түйіршіктер бір-бірімен тұтастанбайды, оларды көпке дейін сақтауға болады. Басқа жарылғыш заттан арзан және оны зауытта жасау оңай. Аммиак селитрасын майда үгіту қажет болмағандықтан, зауыттағы технологиялық уақыт азайып, жұмысы өнімді болады. Бұл жарылғыш зат қиыршық түрінде болғандықтан, оңай құйылып (суысып) заряттағанда скважиналарды, камераларды жақсы толтырады. Түйіршіктелген жарылғыш зат қолданғанда, зарядтау жұмысын механизациялау да жеңіл.

Оңай жасалатын түйіршіктелген жарылғыш заттың кемшіліктері төмендегідей. Бұларды сулы скважиналарда

қолдануға болмайды, өйткені аммиак селитрасы бірден дымқылданып, тез істен шығады. Түйіршіктердің дымқылдығы 1.5% шамасында болуы керек. Бұлардың ішінде жандырғыш (сенсибилизатор) болмағандықтан, детонацияға онша сезімтал емес. Бұлардың ішіндегі детонацияға ең сезімталы – АС түйіршігі. Жұмыс уақытында жарылыс жақсы өту үшін АС түйіршігінен жасалған зарядтқа 200 г.с. түйіршігінің зарядына 1 кг сапалы жарылғыш зат (аралық детонатор) қосу қажет. Түйіршіктелген арзан жарылғыш заттың диаметрі аз болса, детонация онша жақсы өтпейді. Сондықтан, бұларды камералық зарядта диаметрі 100 мм-ден кем емес скважиналарда қолданған жөн. Игданит пен гранулиттер тек ашық жұмыстарда пайдалануға арналған. Оның ашық жұмыста қолданылатын оңай жасалған арзан сипаттамалары 12-кестеде берілген.

Тротил мен аммиактық селитраға негізделген жарылғыш зат, бұл топқа жататын жарылғыш зат – зерногранулиттер, аммотол, т.б. Зерногрануллиттер – аммиактық селитрамен түйіршіктелген немесе қабыршық түріндегі тротилдің қоспасы. Қазірде зерногранулит 50/50 қолданылады. Мұнда, бөлшектің үстіңгі саны – аммиактық селитраның проценттік шамасын, ал астыңғы саны – тротилдің проценттік шамасын көрсетеді. Зерногранулит 80/20 құрғақ жерлерде қолдануға арналған, ал 50/50 маркалы зерногранулитті сулы жерлерде пайдалануға болады. Зерногранулиттердің сипаттамасы 1 және 2-кестеде берілген.

*Аммотол* деген жарылғыш зат түйіршіктелген түрінде шығарылады және мұның түйіршіктері аммиактық селитра мен тротил, алюминийдің ұнтақтарынан тұрады. Алюмотол деген гранулданған жарылғыш зат көпшілігіне тротилден тұратындықтан, құрамы жағынан бұл топқа жатпайды. Бірақ, қолдану және жарылыстық сипаттамалары жағынан осы топтағы жарылғыш затқа ұқсас. Аммотол мен алюмотолдың сипаттамалары да 1 және 2-кестеде берілген. Түйіршіктелген жарылғыш затпен ашық жұмыстағы скважинаны зарядтау оңай. Бұлар бөгетсіз оңай құйылып, жұмысты механизациялауға жол ашады.

Зерногранулит 50/50, аммотол мен алюмотол ашық жұмыстардағы сулы скважиналарды заряттауға арналған. Бұл жарылғыш заттың түйіршіктері суға еркін батып, скважинаны еркін толтырады. Су ішінде атылғанда, жарылатын заттардың күші көбейіп жарылыс сапалары жақсарады ( 1-кесте). Көбінесе су скважинаның түп жағына (су жерлерін) суға төзімді түйіршіктелген жарылғыш зат, ал үстіңгі жағын – арзан аммиактық селитралық жарылғыш затпен зарядталғаны жөн.

Түйіршіктелген жарылғыш заттың оттекті балансы теріс (минустік) болғандықтан, оларды жер астындағы жұмыстарды қолдануға болмайды. Жер астындағы жұмыстар үшін арнаулы зерногранулит 80/20 б шығарылды. Зерногранулиттің бұл сорты «ыстық» әдіспен жасалады, былайша айтқанда аммиактық селитраның түйіршіктері балқыған тротилмен жабылған.

Алютомол, аммотол және зерногранулиттер – тек аралық детонатор (датонацияға сезімтал жарылғыш заттан жасалған аз заряд) арқылы ғана жарылады. Сулы скважиналарды жарғанда аралық детонаторды, суға төзімді жарылғыш заттан жасау керек.

*Аммониттер***.** Өте ұнтақталған аммиактық селитра мен тротилдің (кейде денитронафталиннің) қоспасы – аммонит деп аталады. Жарылғыш заттарға әр түрлі қасиет беру үшін бұл екі негізгі компоненттермен қатар, аммониттердің құрамына аздап басқа заттардың да қосылуы мүмкін.

Аммониттің құрамының 80–90%-ға аммиактық селитрадан, 5–21%-і тротилден, 0,5-3% әр түрлі ақ қосылғыштардан тұрады. Ұнтақталған аммиактық селитра тротилмен жақсы араласып, жарылғыш заттың жалпы детонацияға сезімталдығын күшейтеді. Сондықтан аммонит патрондарының диаметрін азайтуға (31–32 мм-ге дейін) болады. Егер түйіршектелген жарылғыш затты (зерногранулиттерді) тек үлкен скважина мен камералық зарядтарда ғана пайдаланатын болса, ал аммониттерді шпурларды зарядтау үшін қолдануға болады. Сол себепті, аммониттер жер астындағы жұмыстарда өте көп іске қосылады. Жақсы ұнтақталып, қоспалары жақсы

араластырылған жарылғыш зат улы газдарды да аз шығарады. Аммониттердің жер астында қолдануының екінші себебі осы.

Тек аммиактық селитра мен тротилдің қоспасынан жасалатын жарылғыш зат өте аз, мысалы № 6 аммонит қана. Жалпы алғанда аммониттерге әр түрлі қосымшалар аз қосылады. Аммониттер тез дымқылданбау үшін оларға парафин, асфальтит сияқты (гидрофобные) заттарды араластырады (мысалы аммонит № 3). Соңғы кезде суға төзімді «ЖВ» маркалы аммиактық селитра қолдананыла бастады. Бұл селитраны жасағанда, оның кристалдарының сыртына майлы заттарды жалатады. Мұндай селитра арқылы жасалған аммоннитерге «ЖВ» деген индекс қосылады. Қазір аммониттің көпшілігі суға төзімді селитра арқылы жасалады.

Аммиак селитрасының кристалдары көп жатып қалғанда бір-бірімен жабысып тұтастанбау үшін, амонниттерге қопсытқыштар (разрыхлительдер) ретінде ағаштың ұнтағын қосады (мысалы № 7 аммонит). Аммониттің жарылғыш қасиеттерін күшейту үшін де біршама қосымшалар қолданылады. Егер аммонитке алюминийдің ұнтағын қосса, онда жарылыс мерзімінде шығатын жылулық (оған байланысты жарылғыш заттың күші) көбейетін көрінеді. Бірақ, алюминийді онша көп қосуға болмайды. Өйткені, онда жарылас кезіндегі улы газдардың мөлшері нормадан асып кетуі ықтимал.

Алюминий ұнтағын қосып жасаған аммониттерді – *аммонол* деп атайды. Аммониттің атылғыш күшін күшейту үшін, оған аздап аса мықты басқа жарылғыш зат қосу керек. Қазір гексоген деп аталатын жарылғыш зат пен алюминийді аздап қосу арқылы, өте күшті аммонниттер шығарылады. Бұларды – *скальный аммонит* деп атайды, өйткені мұнда жандандырғыш ретінде тротилдің орнына, динитронафталин қолданылған.

Газ не болмаса шаңның жарылу қаупі бар шахталарда сақтық қасиеті бар аммонниттер пайдаланылады. Бұларға әр түрлі хлорлық тұздар – KCL, NACl, NHCl қосылады.

Қазіргі уақытта кен өндірісіне қолданылып жүрген аммонниттердің көпшілігі суға төзімді (2 сағатқа дейін сулы

жерде ұстауға болады) келеді. Сондықтан, оларды дымқыл және сулы забойларда да қолдануға болады. Тек № 6 аммоннит қана суға төзімсіз, мұны тек құрғақ забойда қолдану керек.

1-кесте

**Ашық жұмыста қолданылатын жарылғыш заттың сипаттамалары**

| Көрсеткіштері | Гранулиттер | | Зерно-гранулиттер | | Алюмотол | Аммотол тса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | С | Ас | 80/20 | 50/50 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1.Тығыздығы, г/см$^3$ а) құрғақ күйінде | 0,9-1,0 | 0,9-1,0 | 0,95-1,0 | - | - | 1,0 |
| ә)сумен араласқанда | - | - | - | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| 2. Жарылыс энергиясы, ккал/кг | 850-930 | 1023 | 1000 | 870-980 | 1243 | 1100 |
| 3. Жұмыс қабілеттігі, см$^3$ | 340 | 350-400 | 350-370 | 340-350 | 400-430 | 400 |
| 4. Бризнаттығы, мм | 0,5 | 1-2 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| 5.Детонация шапшаңдығы м/сек: а) диаметрі 40 мм трубада | 1385 | 3230 | 2850 | - | - | - |
| ә) диаметрі 120 мм қағаз патронды | 2600 | 3375 | 3500 | 4600 | 4645 | - |
| 6. Критикалық диаметрі, мм: қағаз патронды | 150 | 100 | 80 | 50 | 60 | - |

1-кестенің жалғасы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Шпурда | 60 | 40 | 30 | - | - | - |
| 7. Сулы жерде қолдануға бола ма? | жоқ | жоқ | жоқ | болады | болады | болады |

Хлорлық тұздар жарылыс реакциясына қатыспайды. Олар жарылыс кезінде тек балқып, тозаңға айналады да, жарылыс температурасын азайтады (1500–2000-қа дейін). Сондықтан сақтық (хлорлық тұздары бар) жарылғыш заттардың күштері де, детонацияға сезімталдығы да азаяды. Тұздардың (20–30%) сақтық жарылғыш заттың детонацияға сезімталдығын күшейту үшін, оларға қосымша жандандырғыш ретінде азғана (3-5%) нитроэфирлер деп аталатын өте күшті сұйық жарылғыш зат қосады (мысалы победит). Бұл азғана қосымша, аммониттердің жалпы қасиеттерін онша көп өзгертпегенімен, олардың детонацияға сезімталдығын едәуір жақсартады. Ал нитроэфирлер туралы мәлімет кейінірек беріледі.

Аммониттердің ішіндегі ең күштісі – № 1 скальный аммонитті, бірақ бұл өте қымбат таужыныстарын бұзуға ғана қолданылады. Мұның престелген күйіндегі детонациялық жылдамдығы 6000–6500 м/сек.

2-кесте

**Өндірістік аммониттер**

| Ж.З. аттары | Тротил мен аммиактық селитрадан басқа қосымшалары | Патрондағы тығыздығы, г/см$^3$ | Бризант-тығы, мм | Жұмыс қабілеттігі, см$^3$ | Патрондардың детонацияны толық беретін арасы, см | Патрондардың диаметрі, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **1. Газ бен шаңнан қауіпсіз шахталарда және ашық жұмыстарда қолданылатын аммониттер** | | | | | | |
| № 6 аммониті | - | 1,0-1,15 | 14-16 | 360-380 | 5-8 | 31-32 |
| № 6 ЖВ аммониті | - | 1,0-1,2 | 14-16 | 360-380 | 5-7 | 31-36 |
| № 7 ЖВ аммониті | Ағаш ұнтағы | 0,95-1,1 | 13-15 | 350-370 | 4-6 | 31-36 |
| В-3 аммониті | Асфальтит, парафин | 0,95-1,1 | 14-15 | 360-370 | 3-6 | 31-32 |
| Динаф-талит | Тротил орнына, динитронафталин | 1,0-1,1 | 14,5-16 | 320-360 | 3-6 | 31-32 |
| Аммонал | Алюминий | 1,0-1,1 | 16-19 | 400-430 | 4-9 | 31-36 |
| №1 скальный аммониті | Гексоген, алюминий | 1,45-1,5 | 22-27 | 450-480 | 4-9 | 35-36 |

2-кестенің жалғасы

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2. Газ бен шаңнан қауіпті көмір шахталарында қолданылатын аммониттер** | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ПЖВ-20 аммониті | Хлорлы натрий | 1,0-1,15 | 13-15 | 265-290 | 4-8 | 36 |
| АП-ПЖВ аммониті | Хлорлы калий | 1,0-1,15 | 13-15 | 285-310 | 4-8 | 36 |
| ААП-5ЖВ аммониті | Хлорлы калий | 1,0-1,1 | 14-16 | 320-330 | 4-8 | 36 |
| ВП-2 победиті | Нитроглицерин, хлорлы калий | 1,15-1,3 | 14-18 | 320-340 | 6-20 | 36 |
| **3. Күкірт шаңынан қауіпті шахталарда қолданылатын аммонит** | | | | | | |
| №1 күкірттік аммонит | Нитроэфирлер, ағаш ұнтағы, нашатырь, хлорлы аммоний | 0,95-1,05 | 10-11 | 200-220 | 5-8 | 31-32 |
| **4. Мұнай буынан қауіпті шахталарда қолданылатын аммонит** | | | | | | |
| №3 мұнайлық аммонит | өткен жолдағыдай | 1,1-1,15 | 13-14 | 220-240 | 3-7 | 31-32 |

Газ бен шаңның қауіпсіз шахталарда қолданылатын аммонитеттердің жарылыстық сипаттамалары төмендегідей: детонацияның жылдамдығы 3500–4500 м/сек; жарылыс қуаты (жылуы) 1000 ккал/кг шамасында (скальный аммонит пен аммоналдікі 1200–1300 ккал/кг), жарылыс үстінде пайда болатын газдардың көлемі 800–900 л/кг; жарылыс кезінде газдардың температуралары 2500–4300 $^0$С шамасында.

Қауіпті көмір шахталарында қолданылатын газ бен шаң аммониттерінің бәрі де суға төзімді. Бұлардан тек аммонит пжв-20 ғана көмір забойларында пайдаланылады, ал қалғандары бос жыныстық (породалық) забойларға арналған. Бұлардың детонация жылдамдығы 2500–4000 м/сек, жарылыс қуаты (жылылығы) 800–900ккал/кг, газдардың көлемі 700–800 л/кг, жарылыс кезіндегі температурасы 200–2400$^0$С. Күкіртті аммониттің жарылыс температурасы 1360$^0$С ал мұнайлық аммоннитікі – 1925$^0$С.

Аммониттердің ең жақсы қасиеті – олар сыртқы әсерлерге онша сезімтал емес. Бұлар соққы мен үйкелуден оңай жарылмайды. Ал от тигізгенде онша жақсы жанбайды да, ашық ауада жандырғанда оттан жарылмайды. Жалпы алғанда, аммониттер – өндірістік жарылғыш заттар ішіндегі ең қауіпсізі болып саналады.

Аммониттердің негізгі құрамы аммиак селитрасы болғандықтан, олардың тұтасып дымқылдануға бейімділігі сияқты кемшіліктері де бар. Суға төзімді аммониттер сулы жерде 1–2 сағат тұрып қалса, өздерінің негізгі жарылғыш қасиеттерін өзгертпейді, бірақ сулы жерде көбірек тұрып қалса, кейін жарылмай қалуы мүмкін. Сондықтан, аммониттерді құрғақ жерде сақтау керек. Зауыттан шығарғанда аммониттерді орайтын қағаздардың сыртына су өтпейтін парафин, т.б. майларды (не пластикаларды) жалатады. Аммонит кристалдарының бір-бірімен жабысып, оңай тұтасып қалмауы үшін бірнеше шаралар қолданылады. Кейбір аммонитерге қопсытқыш ретінде ағаш ұнтағы, т.б. қосылады, кейбіреулерін

престелген (сығыстырған) түрде шығарады. Бұл шаралар ұнтақтардың тұтастанып түйір-түйір кесекке айналуына едәуір бөгет жасайды. Тұтастанған аммониттерді ағаш саймандар арқылы үгіп, қайтадан ұнтаққа айналдыруға болады.

Зауытта жасалғанда аммониттердің немесе олардың патрондалған түрінде (жер астындағы жұмыстарға) не ішіне 40 кг сиятын қалың қағаз қаптарда не, ағаш жәшіктерде шығарылады. Патрондарының диаметрлері 31–36 мм, салмағы 400 г жетеді. Патрондардың оншақтысын орамаға орап, ол орамдарды жәшікке салады. Бір жәшіктегі жарылғыш заттың салмағы 30 кг-ға жуық болуы керек.

Қолданылатын жағдайларына қарай патрондарының түстері әр түрлі келеді. Ашық жұмысқа арналған жарылғыш заттың патрондарының сырты – ақ, жер астында (кәдімгі шахталарда) қолданылатын патрондардың сырты – қызыл, газдан қауіпті көмір забойларына арналғандары – сары және бос жынысты забойлардың патрондары – көк болып шығарылады.

## 2.7. Нитроэфирлік жарылғыш заттар

Жарылғыш заттар жасау үшін нитроглицерин, нитрогликоль және нитроэфирлер қолданылады. Нитроглицерин $C_3H_5(ONO_2)_3$ – өте күшті және қауіпті сұйық. Олардың негізгі салмағы – 1,6 г/см$^3$. Сыртқы әсерлерге өте сезімтал, сондықтан мұны жеке күйінде қолдануға болмайды. Бұған от тигізсе, алдымен лапылдап жанады да, содан кейін атылып кетеді. Механикалық қимылдардан да (соққы, үйкеу), бұл оп-оңай жарылады. Нитроглицериннің жарылыс температурасы 180–200$^0$С. Жылы жерде, температура 50$^0$С шамасына жетсе, нитроглицерин ажырап, одан азот қышқылы бөлінуі ықтимал. Ажырау процесі одан әрі өркендесе, оның аяғы жарылысқа әкеп соғады. Сондықтан, нитроглицеринді жарылғыш заттың химиялық тұрақтылығын жиі байқап отыру қажет.

Нитроглицерин суда ерімейді, бірақ басқа органикалық еріткіштерде (спирт, эфир, ацетон, т.б.) жақсы ериді. Мұнымен қатар, нитроглицерин нитроклетчаткаларды жақсы ерітеді. Мұның бұл қасиеті, былқылдақ (қамыр тәрізді) динамит жасау үшін пайдаланылады.

Нитроглицериннің оттекті балансы оң болғандықтан, жарылыс кезінде мұның химиялық реакциясы төмендегідей өтеді

$$4C_3H_5(ONO_2)_3 = 12CO_2 + 10H_2O + 6N_2 + O_2.$$

Температура $+13{,}2^0$C және одан төмен болған кезде нитроглицерин қатады. Қатқан түрінде нитроглицерин өте қауіпті. Бұл жағдайда ол сәл қозғалыстан, аз жылудан оп-оңай жарылып кетеді. Жарылғыш затты жасаған кезде нитроглицериннің бұл кемшілігін азайту үшін, оған нитрогликоль деп аталатын екінші нитроэфирді қосады. Бұл екеуінің қосындысын, нитроэфирлер деп атаймыз.

Нитрогликоль $C_2H_4(ONO_2)_2$, жалпы алғанда нитроглицеринге ұқсас, салмағы 1,496 г/см$^3$ сұйық зат. Нитроглицериннен мұның негізгі айырмасы, бұл біршама төмен температурада ($-22{,}6^0$ С-та) қатады. Екеуі де сұйық зат болғандықтан, нитроглицерин мен нитрогликоль оңай араласады және нитрогликольдің мөлшері 30%-ға жетсе, қоспаның қату температурасы – $19^0$C болады. Нитрогликольдің оттекті балансы нөл болғандықтан, оның жарылыс реакциясы төмендегі түрде өтеді.

$$C_2H_4(ONO_2)_2 = 2CO_2 + 2H_2O + N_2 . \qquad (2.2)$$

Нитроэфирлер арқылы жасалатын жарылғыш зат негізгі екі түрге бөлінеді. Олар көп пайызды нитроэфирлік жарылғыш заттар, яғни *динамиттер* және аз пайызды нитроэфирлік жарылғыш заттар (дотониттер, т.б.).

**Динамиттер**. *Динамит* дегеніміз – желатин тәрізді (былқылдақ), түсі сарғылттау келген күшті, әрі қауіпті нитроэфирлік жарылғыш зат.

Ішіндегі нитроэфирдің пайыз мөлшеріне қарай динамиттердің күштері де, қауіптілігі де әр түрлі болады. Негізінен 62% оңайлықпен қатпайтын динамит қолданылады. Мұның құрамында: нитроглицерин 37%, нитрогликоль 25% (жалпы нитроэфирлер 62%), нитроклетчатка (коллодиондық мақта) 3,5%, селитра (калийлік немесе натрийлік) 32%, ағаш ұнтағы 2,5%.

*Нитроклетчатка* – сұйық нитроэфирлерді қоюландыру үшін (қамырға ұқсас затқа айналдыруға) қолданылады. Нитроэфирлер нитроклетчаканы еріту арқылы қоюланады да, күркірек желатин деп аталатын өте күшті және қауіпті жарылғыш затқа айналады. Дегенмен, күркірек желатиннің қауіптілігі, сұйық нитроэфирлерден әлдеқайда кем.

Күркірек желатин біраз сақталғаннан кейін өте қатты тығыздалып, детонацияға сезімталдығын жоғалтуы мүмкін. Сондықтан, оны қопсытқыш ретінде динамит жасағанда ағаш ұнтағын қосады. Ағаш ұнтағымен нитроклетчатканың ішінде оттегі өте аз болғандықтан, динамиттің жалпы кислородтық балансын көтеру үшін селитра қосылады. Динамит жасау үшін калийлік натрий селитрасы қолданылады. Өйткені, бұл селитралар аммиактық селитраға қарағанда суға төзімді.

62 % оңайлықпен қатпайтын динамиттің негізгі сипат-тамалары: тығыздығы 1,4–1,45 г/см; бризанттығы 15–20 мм; қабілеттілігі 30–420 $см^3$, патрондардың детонацияны толық беретін арасы 5–10 см, детонациясының жылдамдығы 5500–7000 м/сек, жарылыс қуаты 1200 ккал/кг, патрондарының диаметрі 31–32 және 44–45 мм, патрондардың салмағы 200 және 550 г, қату температурасы $–19^{o}C$.

Динамиттің негізгі кемшіліктері мыналар:

1. Динамиттер сыртқы әсерлерге өте сезімтал. Динамит оттан, ұшқыннан оңай тұтанады, жанған динамиттің мөлшері 5 кг-нан көп болса, онда жану жарылысқа айналып кетеді.

Соққы мен үйкеуден де динамит оңай атылып кетеді. Динамиттің сыртқы әсерлерге мұндай сезімталдығы, оны сақтаған кезде әжептәуір қауіп туғызады.

2. Динамиттер қатуға бейім. Жай (тек нитроглицеринге негізделген) динамиттер – $10^0$С-та қатады, ал нитрогликоль қосылған динамиттер оңайлықпен қатпайды. Дегенмен, динамиттердің бәрі де қашанда қатуға бейім. Қатқан динамиттер механикалық қимылдарға сезімталдығын көбейтіп, өте қауіпті келеді. Бұлар патронды сәл майыстырса да жарылып кетеді, сол себепті бұлардың детонация сезімталдығы да тұрақсыз. Қатқан динамиттерді қолдануға болмайды, оларды арнаулы әдістермен жояды.

3. Динамиттер эксудацияға бейім, ол көп жатып қалса, динамиттің ішінен нитроэфирлердің сұйық түрінде епте бөлініп шығуы ықтимал. Мұндай динамиттер өте қауіпті. Эксудацияланған ескіруі мүмкін, ал көп жатып қалған жағдайда, ішіндегі ауа біртіндеп сыртқа шығады да, динамит бұрынғыдан гөрі нығыздала түседі. Мұны – *динамиттің ескіруі* деп атайды. Ескірген динамиттер детонацияға сезімталдығын жоғалтып, жұмыс уақытында жарылмай қалуы мүмкін. Оған ағаш ұнтағын қосу арқылы динамиттің ескіруге бейімділігін азайтады, бірақ толық жоғалмайды.

Жоғары айтылған кемшіліктерімен қатар, динамиттердің өте жақсы қасиеттері бар.

1. Динамит өте күшті жарылғыш заттардың қатарына жатады.

2. Динамит суға өте төзімді. Оны сулы забойлардағы және су астындағы жару жұмыстарында қолдануға болады.

3. Динамит – өте тығыз және былқылдақ жарылғыш зат, сондықтан аз көлемге көп жарылғыш зат сыйғызып, шпурларды динамитпен жақсы толтыруға болады. Сөйтіп, динамитті қолданғанда, забойдағы шпурлардың жалпы саны азайтылады. Жалпы алғанда, динамиттерді өте сулы забойларда, тым берік таужыныстарын бұзуға ғана қолданған жөн. КСРО-да динамиттер көбінесе шахта стволдарын қазған кездерде қолданылды.

3-кесте

**Жарылғыш заттардың қолдану жағдайлары**

| Жұмыс жағдайлары | Қолданылатын жарылғыш заттар | | |
|---|---|---|---|
| | Берік және өте берік жыныстарда | Беріктігі орташа жыныстарда | Құмсақ жыныстарда |
| **I. Ашық жұмыстарда қолданылатын жарылғыш заттар** | | | |
| Құрғақ скважиналарда | Аммотол тса, зерногранулит | Гранулит тас, гранулит с, зерногранулит 80/20 | Гранулит с (игданит) |
| Камераларда | Зерногранулит 80/20, гранулит ас | Зерногранулит 80/20 гранулит ас | Зерногранулит 80/20, гранулит тас. |
| Скважинаның сулы түп жағында | Алюмотол | Алюмотол, зерногранулит 50/50 В-3 аммониті | В-3 аммониті , зерногранулит 50/50 |
| **II. Газ бен шаңнан қауіпсіз шахталарда қолданылатын жарылғыш зат** | | | |
| Қазбаны ілгерілету жұмыстарында | Скальный аммонит №1, детонит 10 а (6а), 62 %-тік динамит | Аммонал, аммонит №6 жв, динафта-лит | №7 аммониті |
| Кен қазу (тазалау) жұмыстарында | Аммонал, детонит 10а (6а) | Аммонал аммонит № 6 жв динафталит | № 7 аммониті |
| Камераларда | № 6 ЖВ аммониті | № 7 В аммониті | № 7 аммониті |
| **III. Газ бен шаңнан қауіпті көмір шахталарында қолданылатын жарылғыш зат** | | | |
| Бос жынысты забойларда | Победит вп-2, АП-5ЖВ аммониті | АП-4 ЖВ аммониті | ПЖВ-20 аммониті |
| Көмірлі забойлардан | Пжв-20 аммониті | Аммонит пжв-20 | ПЖВ-02 аммониті |

Аз пайыздық нитроэфирлік жарылғыш заттар – детониттер жатады. Бұл жарылғыш затта нитроэфирлер өте аз, 15% аспайды. Бұлардың негізгі құрамы аммиак пен селитра, бұлар ұнтақ түрінде жасалып шығарылады. Сондықтан, бұлардың негізгі қасиеттері аммониттерге ұқсас. Бірақ, бұлар аммониттерден гөрі, детонацияға сезімтал. Сол себепті детонит патрондарының диаметрін 24 мм-ге дейін азайтуға болады.

Детониттің құрамы: суға төзімді аммиак селитрасы, нитроэфирлер, тротил, алюминийдің ұнтағы, ағаш ұнтағы.

Қазіргі уақытта 6а; 10а және 15а маркалы детонаттар шығарылып жүр. Бұл маркадағы сандар – нитроэфирдің неше пайыз қосылғандығын көрсетеді.

Детониттердің негізгі сипаттамалары төмендегідей: тығыздығы 1–1,1 г/см$^3$, бризанттығы 16–20 мм, жұмыс қабілеттігі 420–450см$^3$, потрондардың детонацияны толық беретін арасы 7-8 мм, детонациясының жылдамдығы 5200–5400 м/сек, жарылыс қуаты (жылылығы) 1165–1173ккал/кг, потрондардың диаметірі 23–24; 27–28; 31–32 мм, осыған сәйкес потрондардың салмақтары 100 және 200 г.

Сақтау, тасу сияқты жақтарынан детониттер, қазіргі қауіпсіздік ережелері бойынша аммониттерге теңестірілген. Детониттің күші аммонитке жақын. Соңғы кезде кен өндірісіндегі тәжірибеге қарағанда, детонит өте жақсы жарылғыш зат болып шықты. Детониттер газ бен шаңнан қауіпсіз шахталарда қолданылады .

Өндірістік жарылғыш заттардың қолдану жағдайларына қарап топтастырылуы, 3-кестеде көрсетілген.

# 3-бөлім. ЖАРУ ҚҰРАЛДАРЫ

## 3.1. Бастауыш жарылғыш заттар

Бастауыш немесе біріншілік жарылғыш зат негізгі 2 түрге бөлінеді: бірінші және екінші бастауыштар. *Бірінші инициаторлар* – отқа өте сезімтал, ұшқыннан, соқыдан лезде жарылып кетеді. Бұларға – гүрілдегіш сынап (гремучая ртуть), қорғасын азиды мен тенерес жатады. *Екінші инициаторлар* – өте күшті бризанттық жарылғыш зат. Бұлардың сезімталдығы бірінші – инициаторлардан гөрі төмен, бірақ күші әлдеқайда басым. Сондықтан бұлар бірінші инициаторлар бастаған жарылысты одан әрі күшейтіп, негізгі зарядқа жеткізеді. Екінші инициаторларға – тетрил, гексоген, тэн және октогендер жатады. Бастауыш жарылғыш зат, детонаторлар жасау үшін қолданылады.

*Гүрілдегіш сынап* $HG(CNO)_2$ – ақ түсті ұнтақ. Мұның гравиметриялық тығыздығы 1,6 г/см$^3$, кристалдарының нағыз тығыздығы 4,42 г/см$^3$. Ол сыртқы әсерлерге өте сезімтал. Құрғақ күйінде гүрілдегіш сынаптың ұнтағы сәл қозғалыстан (шайқалу, араластырудан) атылып кетеді. Қызуға өте сезімтал, температура $160^0$С-қа жетсе, сол мезетті жарылып кетеді.

Гүрілдек сынап дымқыл тартпайды, бірақ бұған су араласса, мұның сыртқы әерлерге сезімталдығы азаяды. Дымқылдығы 3%-ға жеткен кезде бұл оттан да, соққыдан да жарылмайды. Капсюль-детонатор жасау, мұның сыртқы әсерлерге сезімталдығын азайтады. Капсюль-детонатор жасауға пайдаланатын гүрілдек сынаптың дымқылдығы 0,03% шамасынан аспауы керек.

Гүрілдек сынаптың жарылыс сипаттамалары төмендегідей: ондағы газдардың көлемі 304 л/кг, жарылыс энергиясы 368 ккал/кг, жарылыс температурасы $4810^0$С, детонациясының жылдамдығы 5400 м/сек.

*Қорғасынның азиды* $PB(N_3)_2$ – ақ түсті ұнтақ. Мұның гравиметриялық тығыздығы 1,3, кристалдарының нағыз тығыздығы 4,8 г/см$^3$. Сипаттамалары мен біраз қасиеттері

жағынан бұл гүрілдек сынапқа ұқсас. Бірақ , суға (су астында жарыла береді) және қызуға бірден жарылмай, температура $3270^0$С-қа жеткенде ғана жарылады. Қорғасын азиды, оттан жарылмай қалуы мүмкін. Сондықтан, бұған капсюль-детонатор жасаған кезде бұдан гөрі отқа сезімтал тенерестi қосады.

*Тенерес (тринитрорезорцинат свинца)* $C_6H(NO_2)_3O_2PB*H_2O$ – сарылығы алтынға ұқсас, ұнтақ. Мұның кристалдарының тығыздығы 3,1 г/см$^3$, жарылатын температурасы $270^0$С, суға төзімді. Мұның жарылыс сипаттамалары төмендегідей: газдарының көлемі 448 л/кг, жарылыс энергиясы 415 ккал/кг, жарылыс температурасы $2800^0$С, детонациясының жылдамдығы 5200 м/сек.

*Тетрил (тринитрофенилметилнитрамин***)** – түсі сарғылт ұнтақ. Мұның гравиметриялық тығыздығы 1,0 г/см$^3$, кристалданған күйіндегі тығыздығы 1,6 г/см$^3$. Тетрилдің және басқа екінші инициаторлардың сыртқы әсерлерге сезімталдығы бірінші бастауыштардан гөрі әлдеқайда төмен, бірақ басқа жарылғыш заттардан едәуір жоғары. Екінші инициаторлардың бәрі де (оның ішінде тетрил да) суға төзімді.

Тетрилдің жарылыс сипаттамалары: жарылыс температурасы $195^0$С, жарылыс температурасы $3915^0$С, бризанттығы 21–22 мм, газдарының көлемі 742 л/кг, жарылыс энергиясы 1078 ккал/кг, детонациялық жылдамдығы 720 м/сек.

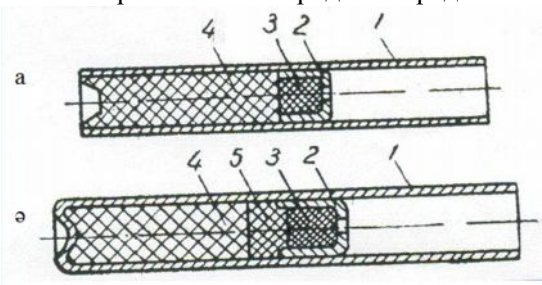
Гексоген (циклотриметилентринитрамин) және ТЭН (тетронитропентаэритрит) – түсі ақ, порошок түрінде шығарылады. Бұлардың гравиметриялық тығыздығы 0,8–0,9 және 1,2–1,3 г/см$^3$. Престелген кездегі тығыздығы 1,7 г/см$^3$, жарылатын температурасы 290–$220^0$С, негізгі жарылыс температурасы $4000^0$С шамасында, бризанттығы 25–29 мм, жұмыс қабілеттілігі 500–520 см$^3$, газдарының көлемі 800–900 л/кг жарылыс энергиясы 1400–1500 ккал/кг, детонациялық жылдамдығы 8200–8300 м/сек.

## 3.2. Жарылыс құралдары мен тәсілдері

Кен өндірісінде қолданылатын негізгі жару құралдары: капсюль-дүмпіткіш, электрдүмпіткіш, дүмпіткіш бау, от жүргізгіш бау.

Капсюль-дүмпіткіш дегеніміз – металл не қағаздан жасалған және ішіне 1,5 г шамасында бастауыш жарылғыш зат салынған гильза. Гильзаның 2/3 бөлігі бастауыш жарылғыш заттармен толықтырылады, ауыз жағындағы 1/3 бөлегі ашық болады (3.1-сурет).

*Капсюль* – детонатордың ең түп жағына алдымен екінші инициаторды тығыздап (престейді), содан кейін бірінші инициаторларды престейді. Бірінші инициатордың үстін жұқа металдан жасалған қақпақшамен жабады. Бұл қақпақшаның дәл ортасында жарылыс уақытында от жіберетін (от жүргізгіш баудан келетін ұшқын өтетін) тесік болады. От тигізген мезгілде алдымен бірінші инициатор, одан кейін екінші инициатор жарылып, негізгі жарылғыш зат зарядын жарады.



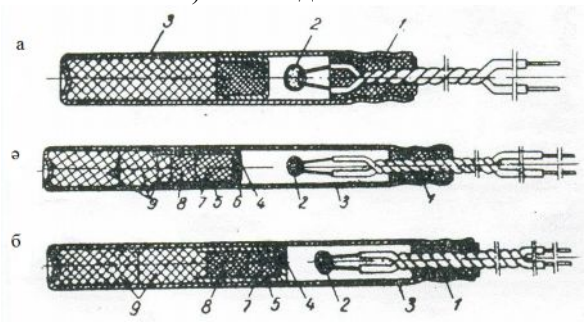

3.1-сурет. Капсюл- дүмпіткіш
*1–гильза; 2 – чашка; 3– қоздырғыш жарылғыш зат;*
*4–екінші ретті қоздырғыш жарылғыш зат; 5–торлы сетка*

Қақпақша – бастауыш жарылғыш заттарды қорғайды және жарылыс кезінде газдардың оңай шығуына бөгет жасап, күшті қысым жасауға себепкер болады. Жарылыс күшін бір жаққа бағыттайтын капсюль-детонаторлардың түп жағында, кумулятивтік ойық болады.

Сыртқы гильзасы нығыздалып, қалың қағаздан жасалған капсюль-детонаторлар құрғақта қолдануға арналған, сондықтан олардың түп жағы қағазбен жабылмайды. Металдан жасалған гильзалардың түп жағы да жабық келеді. Гильза жасауға мыс, болат, биметалл (екі металдың қоспасы) және алюминийлер пайдаланылады. Алюминий капсюль – детонатордың бірінші инициаторы, азидтік қорғасын болғанда ғана қолданылады.

Капсюль-детонаторы өте қауіпті. Олар аз ғана қимыл (соққы, үйкеу) әсерінен, оттан, ұшқыннан оңай жарылып кетуі ықтимал. Сондықтан жұмыс үстінде өте сақ болған жөн. Бұларды құрғақ жерде сақтап, тасыған кезде жұмсақ материалдан жасалған сумкаға ғана салу керек. Зауыттан шығарылғанда 100 капсюль-детонатор кішкентай картоннан істелген қағаз жәшікке салынады. Бір картон футлярдың (үлкенірек коробка) ішінде осындай бес жәшік болады. Өндірістік капсюль-детонатордың негізгі сипаттамалары 15-кестеде берілген.

Электрдүмпіткіш бастауыш (3.2-сурет) жарылғыш заттардың құрамы жағынан капсюль-детонаторларға ұқсас. Бірақ капсюль-детонаторды жаруға электр тогы қолданылады. Бұл үшін капсюль-детонатордың ішінде электр тұтандырғыш (электровоспламенитель) салынады.




3.2-сурет. Электрдүмпіткіш. *а) лезде жарылғыш; ә) сәл кешеңдеп жарылғыш; б) кешеңдеп жарылғыш. 1- пластикалық тығын; 2-электрлі еріткіш; 3-детонатор гильзасы; 4-чашка; 5-торлы сетка; 6-кешеңдеткіш құрам; 7-8-қоздырғыш жарылғыш зат; 9-екінші ретті қоздырғыш жарылғыш зат*

Электр тұтандырғыш екі өткізгіштен – қыздырғыш мостик пен тұтандырғыш құрамнан (состав) тұрады. Қыздырғыш мостик – нихромнан жасалған (диаметрі 30 микрон, ұзындығы 3–6 мм) жіңішке қыл. Бұл мостик екі өткізгіштің (әрқайсысының ұзындығы 1,5–2,5м, диаметрі 0,5-0,6 мм) бір ұшын жалғастырады. Содан кейін қыздырғыш мостиктің маңайына тұтандырғыш құрамды тамызып қатырады. Желіге электр тогын жіберген кезде жіңішке мостик қызып, тұтандырғыш құрамды жандырады. Бұдан кейін пайда болған жалын мен ұшқындар қақпақшаның қуысынан өтіп, бірінші инициаторды жарады. Одан кейін екінші инициатор жарылады да, негізгі жарылғыш зат зарядтың жарылысы басталады.

Лезде жарылатын электрдетонаторлар ішінде электр тұтандырғыш салған капсюль-детонаторлар болады. Электрдетонаторға су өтпейтіндей және электр тұтандырғышты қозғалмайтындай етіп бекіту үшін детонатордың аузын пластикаттық пробкамен жауып, гильзаның аузын иректеп қысады. Лезде жарылатын электрдетонаторлардың негізгі сипаттамалары 4-кестеде берілген. 3.2а-суретте ЭД-8-56с маркалы лезде жарылатын электрдетонатордың құрамы екі қабат болып жасалады. Мұның бірінші қабаты нитролакпен біріктірілген бертолет тұзының, родандық қорғасын мен қорғасын суригінің қоспаларынан тұрады. Бірінші қабаты қызудан жылдам жанады да, екінші қабаты жанғанда күшті ұшқын беріп, электрдетонаторды бөгетсіз жарады.

Эд-9-60 маркалы брондалған электрдетонатор қиын жағдайларда жару жұмысын жүргізуге қолданылады. Мұның проводтары детонаторға өте берік бекітілген. Лезде жарылатын электрдүмпіткіштер ток жіберілісімен, тоқтаусыз жарылады.

Сәл кештеу жарылатын электрдетонатордың (3.2ә-сурет) лезде жарылатын электрдетонатордан негізгі айырмашылығы – мұнда электр тұтандырғыш пен бірінші инициатордың арасына кешеңдеткіш (замедлитель) салынады. Кешеңдеткіш құрама (жанатын заттар) қорғасындық суриктен, силикокальций немесе ферросилицийден тұрады. Бұл детонаторлардың да тұтандырғыш құрамасы қос қабат. Бірінші қабаты ЭД-8-56с

электродетонаторға ұқсас. Екінші қабаты, нитролакпен біріктірілген қорғасындық сурик пен силикокальцийден тұрады. Бұл электрдетонаторлардың кешеңдеу мөлшері (миллисекунд есебімен) төмендегідей: Электродүмпіткіштер (ЭДЗД). № 1; № 2; № 3; № 4; № 5; № 6; № 1а; № 2а; № 3а. Кешеңдеу мөлшері, м сек. 25; 50; 75; 100; 150; 250; 35; 75; 100.

Кешеңдеп жарылатын электрдетнатордың (3.2в-сурет) сәл кешеңдеп жарылатын электрдетонатордан айырмасы – кешеңдеткіш жарылатын кешеңдеткіш құрамасында. Мұнда, кешеңдеткіш есебінде – қорғасындық сурик, хромдық кислотаның тұздары мен ферросилиций қолданылады. Электр тұтандырғыштан – кешеңдеткіш жанады. Белгілі уақыттан кейін кешеңдеткіш, отты бірінші инициаторға береді де, оны жарады. Сәл кешеңдеп, кешігіп жарылатын электрдетонаторлардың негізгі сипаттамалары 4-кестеде берілген.

*Баяу әсерлі электрдүмпіткіштер (ЭДБЭ*). Бұлардың заматтық электрдүмпіткіштерден ерекшелігі – электрлі тұтандырғыш пен бірінші инициирлеуші жарылғыш зат арасында (3.2б-сурет) баяулатқыш құрам бағанасының орналастырылуында (қызыл боятқы қорғасын, қышқылхромды қорғасын, ферросицилия қоспалы). Баяулатқы уақытының өлшемі – баяулатқы бағанасының ұзындығына, оның құрамы мен тығыздығына байланысты.

Тізбектей жалғанған әр түрлі баяулатқы электрдүмпіткіштер тобы арқылы ток жіберген кезде электрлі тұтандырғыш бір уақытта тұтанады, ал дүмпіткіштер – баяулатқыш дәрежесіне байланысты интервалдарда жарылыс береді.

Баяулатқы дүмпіткіштердің (МРТУ-3-9-62) баяулау түрлерінің аралығы (интервалы) 0,5;0,75;1,0; 1,5; 2;4;6;8;10 етіп шығарылады. Электрдүмпіткіш өткізгіштерінің баяулату нөмірін көрсететін тиісті таңбамен бекітіледі.

Өте баяулатқы электрдүмпіткіштердің 6 түрлі баяулату дәрежесі бар. Олар 25, 50, 75, 100, 150 және 250 мс. Өткізгішке 1-ден 6-ға дейін күкірт нөмірлі таңба бекітіледі. Тұтандырғыш төбешігі екі қабатты болады. Бірінші қабаттың құрамы тез әсерлі, яғни заматтық электрдүмпіткіштер сияқты, екінші қабаттың құрамы – қызыл баяулы қорғасынды (90-салмақ бөлігі) және силикокальций (10 бөлік), желімдегіш зат – нитролак.

4-кесте

**Капсюль-дүмпіткіш пен электрдүмпіткіш**

| Дүмпіткі маркалары | Диаметрі, мм | Ұзындығы, мм | Оқтаманың салмағы, г | | | Электрлік бөгеті, Ом | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Күркірексынап | Азидтық қорғасын және тенерес | Тетрилтэн не болмаса, гексоген | Мыс сым | Темір сым |
| Капсюль-дүмпіткіштер | | | | | | | |
| № 8-а | 6,9 | 47 | - | 0,3 | 1,0 | - | - |
| № 8-м<br>№ 8-с | 6,9 | 47 | 0,5 | - | 1,0 | - | - |
| № 8-б | 7,5 | 49 | 0,5 | - | 1,0 | - | - |
| 8-утм,<br>№ 8-утс | 6,9 | 49 | 0,35 | - | 1,15 | - | - |
| №8-утб | 7,5 | 49 | 0,35 | - | 1,15 | - | - |
| Лезде жарылатын электрдүмпіткіштер | | | | | | | |
| Эд-8-56 с | 7,0 | 56 | 0,5 | - | 1,0 | 2-4,2 | - |
| Эд-8 с | 7,0 | 56 | 0,5 | - | 1,0 | 1,6-3,6 | 2,9-7,5 |
| Эд-8п-59 | 9,4 | 52 | 0,5 | - | 1,0 | 2,0-4,2 | 2,8-6,5 |
| Эд-9-60 (брндалған) | 6,5 | 37 | - | 0,15 | 0,8 | 2,0-4,2 | 2,9-7,5 |
| Эдп (алюм.) | 7,8 | 45 | - | 0,3 | 1,0 | 0,9-1,5 | - |
| Сәл кешеуілдеп жарылатын электрдүмпіткіштер | | | | | | | |
| Эд-кз (№ 1-6; №1а, № 3а) | 7 | 65-75 | 0,5 | 0,15 | 1,1 | 1,6-3,6 | 2,9-7,5 |
| Кешеңдеп жарылатын электрдүмпіткіштер | | | | | | | |
| Эд-зд (№ 7 -№15) | 7,0 | 70-90 | 0,5 | 0,15 | 1,1 | 1,6-3,6 | 2,9-7,5 |

Баяулатқыш құрамы қызыл бояулы қорғасыннан (тотықтырғыш), силикокальций мен ферросилициядан (жанғыш компоненттер) тұратын қоспадан дайындалады. Баяулатқыш мынандай үлгіде жасалады. Тесіктері – жібек елекпен жабылған, баяулағыш құрамды – престейтін ұзартылған болатты қалайы табақша (3.2-сурет), ал жоғарғы жағы – декстринді қорғасын азиді мен тэннен тұрады. Өте баяу әсерлі электрдүмпіткіштерді дайындау кезінде дүмпіткіш гильзасындағы 0,5–0,7 г екінші жарылғыш заты престеледі. Содан кейін жарылғыш зат өлшендісін ұнтақ тәрізді қалыпқа салып, баяулатқыштың жоғарғы жағын престейді. Осыдан кейін, гильзаға электртұтандырғыш пластикалы тығынды орналастырылады. Қысқа баяулатқы электрдүмпіткіш (ҚБЭД) пен ұзақ баяулатқы электрдүмпіткіштерінің шығару сипаттамалары 9-кестеде келтірілген.

Электрдүмпіткіштерді 40–75 тал етіп картон қорапшамен қаптайды (электрдүмпіткіш түрлер мен өткізгіш өлшеміне байланысты) да, олардың дайындалған уақытын, партиясының нөмірін, электрдүмпіткіштің түрі, оның кедергі өлшемі мен санды зауыттың белгілері көрсетілген фабрика этикеткалары жапсырылады. Картон қорапшаның 10 данасын (мырышты қорапқа салып), ағаш жәшікке салады. Жәшікке 500-ден 1500-ге дейін электрдүмпіткіштер орналастырылады. Кешеңдеп жарылатын электрдүмпіткіштердің кешігу мөлшері (сек есебімен) төмендегідей.

*Дүмпіткі бау* дегеніміз – өзегі күшті жарылғыш заттан жасалған және өзекті үш қабат мақта жібімен ораған сыртқы диаметрі 5,5 мм бау. Мақта жіптер қабатының араларында су өтпейтін мастикалар салынған. Бау жасаған мезгілде өзектің тығыздығы бірқалыпты болу үшін, өзектің ортасында екі жіп болады. Дүмпіткі баулар өзегіне ТЭН деген өте күшті жарылғыш зат салынады. Өзектің диаметрі 2,5 мм, 1 м шнурда 12 г ТЭН болады.

Дүмпіткі – бау зарядтарды капсюльсіз жаруға және детонацияны бір зарядтан екінші зарядқа беру үшін қолданылады. Баудың өзі капсюль-детонатордан не болмаса электрдетонатордан ғана жарылады. Жарылғаннан кейін шнур қандай қашықтыққа болсын, детонацияны жеткізе алады. Іс жүзінде шнурдың бір ұшын

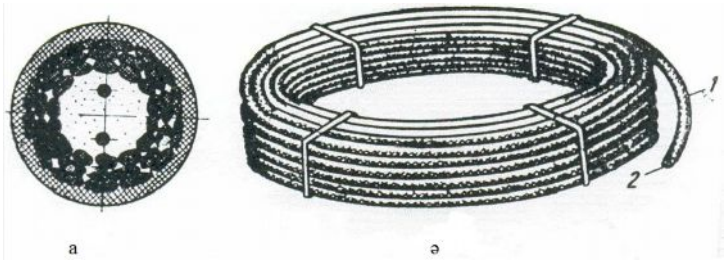
жарылатын зарядқа салады да, екінші ұшын қауіпсіз жерге апарып, электрдетонатор арқылы жарады. Шнурдың детонация жүргізу жылдамдығы 6500–7000 м/ сек.

От тигізген мерзімде баудың өзегі ақырындап жанады да, от детонацияға айналмайды. Бау суға төзімді, мұнымен су астында жару жұмысын жүргізуге болады. Баудың сыртқы қабаттары 12 сағатқа дейін су өткізбейді.

Қазір шнурудың ДШ деген маркасы өте жиі қолданылады. Соңғы кезде ДШУ-59, ДШУ-60 деген күшейтілген маркалары шығарыла бастады. ДШУ маркалы шнурлар ыстық жерде (температурасы $100^0$С шамасында) және су астында қатты қысымды жағдайларда (қысымы 800–900 кг\см) бөгетсіз жарыла береді. ДШУ шнурдың диаметрі 7,5–8 мм, сырты полихлорвинилмен қапталған.

Соңғы кезде ДШП-1 (диаметрі 6 мм) мен ДШП-2 (диаметрі 8,5–9 мм) маркалы газ бен шаңнан қауіпті шахталарда қолдануға болатын шнурлар жасалады. Бұлардың детонацияны жүргізу жылдамдығы 4500 м\сек. Зауыттар шығарғанда шнурлардың ұзындығы 50 метрлік шумақ (бухта) есебінде істеледі. 12 бухтаны, бір жәшікке салады (3.3а-сурет).

*От жүргізгіш бау немесе от пілте* дегеніміз – өзегі оқ-дәріден жасалып, өзегінің сырты бірнеше қабат мақта жіппен оралған шнур. Шнурдың сырты және әрбір қабаттарының сырты су өткізбейтін заттармен жабдықталған. Оқ-дәрі тығыздығының бірқалыпты болуын қамтамасыз ету үшін өзектің ортасында екі жіп болады. 1 м шнурда 5–6 г оқ-дәрі бар. Шнурдың сыртқы диаметрі 5–6 мм шамасында.

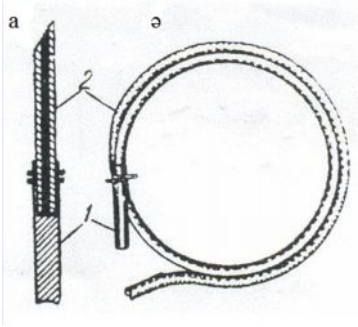



3.3-сурет. Шнур (ДШ). *1-сырты; 2-оқ-дәрі*

Жұмыс үстінде шнурдың ішіндегі оқ-дәрі жанып, сырттан берілген отты капсюль-детонаторға жеткізеді де, оны жарады. От жүргізгіш шнурдың жану жылдамдығы 1 см\сек.

Су өткізбейтін қабаттарының материалдарына қарай, шнур негізгі 3 сортқа бөлінеді. Орташа сортты асфальттанған шнур – құрғақ және сәл дымқыл жерлердегі жұмыстарға арналған. ОШ сортты 2 рет асфальтталған шнурлармен, сулы забойларда жару жұмысын жүргізуге болады. ОШП сортты пластикаттық (полихлорвинильдік) шнурмен, суы өте көп жерлерде жару жұмысы жүргізіледі.

Зауыттан шығарғанда ұзындығы 10 м шнурды шеңберлеп орайды. 25 шеңберді бір бухта етіп түйеді де, 12 бухтаны бір жәшікке салады. От жүргізгіш шнур шеңберінің сыртқы көрінісі (3.4ә-суретте) көрсетілген.




3.4-сурет. От жүргізгіш шнур. *а) боевик; ә) оталдырғыш шнур мен капсюль қосындысы; 1 – капсюль-детонатор; 2-от жүретін шнур*

*Жару тәсілдері мен құралдары*

Оқтамаларды жару – электрлі, электродты және капсюльсіз, дүмпіткі баулық және соққылы тәсілдермен іске асырылады. Бастапқы екеуінің жату тәсілі немесе оқтаманың инициренуі, капсюль-дүмпіткіштің көмегімен жүргізіледі. Капсюль-дүмпіткіш отты тәсілмен, от өткізгіш баудың көмегімен атылады (оттық тәсілі) немесе электр-капсюль дүмпіткіш бекітілген электр тұтатқыш көмегімен жарылады (электрлі тәсіл). Ол соққылық тәсілде біршама қолдау тапқан.

Оттық пен электрлік тәсілдердің арасында аралық қалып болады, бірақ оған біріншіге жақын электрлік – оттық отырыс тәсілі қолданылады. Мұны аса көп пайдаланбайды. Дүмпіткіш пілте (ДП) көмегімен жару кеңінен қолданыла бастады.

Әрбір жару тәсілдерін қолданғанда олардың артықшылығы мен кемшіліктері, сондай-ақ пайдалану тиімділігі ескерілуі қажет. Әрбір жару тәсілдері, арнайы жарғыш құралдарын пайдалануды қажет етеді.

### 3.3. От пілтемен жару құралдары

Отпен жару үшін оны капсюль-дүмпіткіштерге жеткізетін тұтандырғы өткізгіш қолданылады. Капсюль-дүмпіткіш (ГОСТ 6254-74) инициирлеуші жарылғыш зат престелген гильза түрінде қарастырылады. Гильза тығыз қағаз немесе қалыңдығы 0,12-0,2 мм металдан (мыс, жез, алюминий) жасалады.

Гильзаға алдымен 1 г екінші инициирлеуші жарылғыш затты (тетрил, тэн немесе гексоген), содан кейін бірінші инициирлеуші жарылғыш заттар (0,5 гүрілдек сынап, 0,2 г қорғасын азиді, немесе 0,1 г тенеранс) престеп салады. Гильзаға престелген бірінші инициирлеуші жарылғыш зат, метадық шынымен жабылады. Шыны табақшаның ортасындағы саңылаудың (тесік) диаметрі 2-2,5 мм. Бұл тесік арқылы бірінші инициирлеуші жарылғыш заттың от пілтеден тұтану процесі басталады да, капсюльде дүмпіту тудырады.

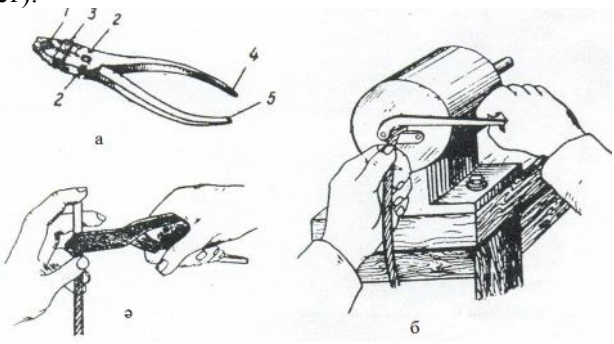
Шыны табақша бірінші жарылғыш затты дүмпіткіш гильзасынан төгілуден сақтайды және дүмпіткіштің аузына оттық пілтені енгізгенде, қауіпсіздігін жару мақсатында жасалады. Капсюль-дүмпіткішті жарақтану, инициирлеуші жарылғыш зат түрлеріне байланысты болады. Олар азид-тетрилі, гүрілдек сынап-тетрилі, азид-тэнді, т.б. болып бөлінеді. Гүрілдек сынапқа дымқыл кері әсер береді, сол үшін гүрілдек сынап дүмпіткішін дымқылдан сақтау керек. Қорғасын азиді дүмпіткіші дымқылданбайды, оның жарылыс күші гүрілдек сынапқа қарағанда біршама жоғары. Қазір № 8 мыс, № 8А алюминийде және № 8Б қағаз гильзаларда капсюль-дүмпіткіштері (100 дана) салынады. Ал соққыға, ұзын қорапашаларға бұлардың 5 данасын салып, содан кейін рет-

ретімен мырыш жәшікті ағаш жәшікке салады да, оны жұқа ағаш жаңқалармен, үгінділермен жабады. Жәшікте 5000 капсюль-дүмпіткіш болады.

Оттық-пілтені (ГОСТ 3470-72) – капсюль-дүмпіткіштің бірінші оқтамасы, тұтандыру үшін пайдаланылады. Ол қарама-қарсы бағытталған мақталы қағаз жіптен немесе 2–3 зығыр орамасымен оралған орталық бағыттауыш жібі бар жүрек тәрізді ұсақ дәнді қара (түтінді), оқ-дәрі. Жіп орамасын, су өткізбейтін немесе ылғал тартпайтын мата сіңіргіштермен жабады (3.4-сурет).

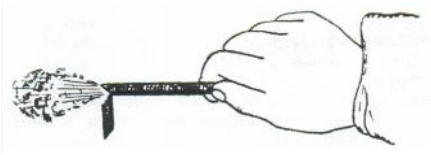
Жарылыс жұмыстарында пайдаланылатын өткізгіш пілтелердің мынадай түрлері шығарылады: АОП (ОША) – асфальтталған, АҚОП (ОШДА) – қабатты асфальтталған, ПОП (ОШП) – пластикатты. Біріншінің кепілдік мерзімі – 1жыл, ал қалғандарынікі – 5 жыл. Ылғалды және құрғақ кенжар жұмыстары үшін асфальтталған пілтелер пайдаланылады. Қабаттық асфальтталған – дымқылды, ал пластикатты – суланған кенжарларда пайдаланылады.

От өткізгіш пілтенің сыртқы диаметрі 5–6 мм, жану жылдамдығы 1 см/с. Пілтенің 60 см кесіндісі 60–70$^0$С-та жану қажет. Пілте 10 м ұзындықта шығарылады. Әр түрлі диаметрде ол шеңбер түрінде оралған (15 немесе 25 тал). Шеңберді 25 дана шумақ етіп жинап, пергаментті қағазбен орайды. Бұл шумақтарды 8 немесе 4 тал етіп (ОШП), ағаш жәшікке салады (3.5-сурет).




3.5-сурет. От өткізгіш пілте сипаттамасы

Пілтені дайындау режимі бұзылса, оның ақау болып жану шапшандығы көбейеді, азаяды немесе өшеді. Оқ-дәрі өзегін тығыздаса, жану баяулайды. Борпылдақ, тығыздалмаған оқ-дәрі өзегі үлкен жылдамдықпен жанады (3.6-сурет).



3.6-сурет. Тұтандырғыш түтік

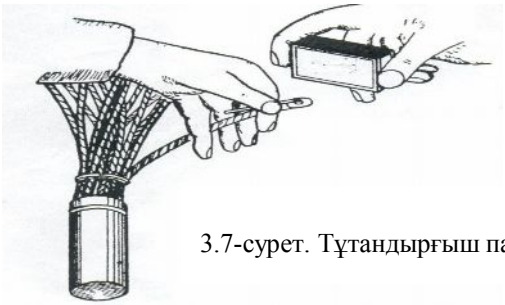
Пілте үзілген кезде өзектегі жану өте бәсеңдеп немесе өшуі ықтимал. Сол сияқты түрлі ақаулар, қауіпті жағдайлар туғызуы мүмкін. Бірақ, оның біркелкі жану жылдамдығы тексеріліп отырады, сондай-ақ сырттай қарап тексеруден өткізіледі.

Тұтандырғыш түтік деп (3.6-сурет) – оттық пілте кесіндісімен жалғанған капсюль-дүмпіткішті айтады. Оттық пілте кесіндісінің өлшемі былайша тұжырымдалады: пілте теспеден 15 см-ден кем болмайтындай ұзындықта шығып тұруы қажет. Сонда ғана оны жағу ыңғайлы, әрі пілте ұзын болуы керек. Себебі, оларға от беру кезінде кеніш жарушы кенжардағы барлық пілтелерді жағып шығып, бірінші оқтаманың жарылысы басталғанға дейін, кенжардан аулақ жерде жасырынуға мүмкіндік беруі керек. Демек, бақылау–сақтық кесіндінің ең аз ұзындығы, бекітілген ереже бойынша қауіпсіздігі 1 м-ден кем болмауға тиіс.

Тұтандырғыш фитильдің жоғарғы жағы мақталы қағаз жіптермен оралып, торланып жабылған калий селитрасы ерітіндісін сіңірген зығырлы немесе мақталы қағазды жүрекшеден тұрады. Фитиль диаметрі 6–8 мм. Ол оттық өткізгіш пілтелерді, әсіресе тұтандырғыш ұшы кесілген пілтелерді жақсы жағады және ол сіріңкеден тұтанады, 1–2 см/мин жылдамдықта ериді.

*Бақылау пілте* – бұл оттық пілте кесінділерінің ұзындықтары 40 см, әр 2–3 см аралығында диаметрі 2/3

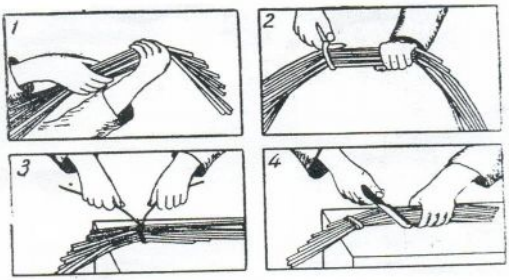
тереңдікті кесіктерінен жасалынған. Бақылау сымын жағу кезінде кесілген орынға жарқылдатқыш бауды тастайды, ол – тұтандырғыш түтіктің оңай тұтанатын пілтесі. Оны тұтандырғыш түтік пілтесінен 60 см қысқа етіп жасап, бірінші кезекте тұтандырады: ол тұтана салысымен, жарушы кенші жасырынып үлгеруі керек.



3.7-сурет. Тұтандырғыш патрон

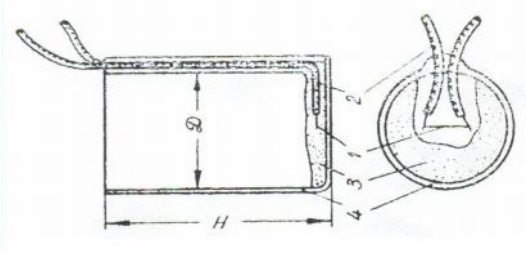
*Тұтандырғыш патрон* – тұтандырғыш түтіктердің бірнешеуін бір уақытта тұтату үшін пайдаланылады (3.7-сурет). Оның жеке өзі бір ұшы ашық, ұзындығы 5-10 см гильза мен диаметрі 2-4 см тығыз парафинделген қағаздан (патрондағы пілтенің санына байланысты) тұрады.

Оның түбінде тұтандырғыш қоспалар мен (85% ұсақ түйірлі оқ-дәрі, 5 % канифол, 10% парафин) жұқа қабат (2-3мм) орналасады, олар тұтандырмай-ақ, тегіс жанады (3.8-сурет).




3.8-сурет. Тұтандырғыш қоспалар

Тұтандырғыш патрондар, бір-біріне жақын орналасқан көптеген теспелерде пайдаланылады. Теспелерден шығатын түктердің ұштары бір-біріне жиналып буылып, олар тұтандырғыш патронға салынады. Патронның тұтануы үшін оған ұзындығы 15–25 см болатын оттық пілте кесіндісі салынады. Патрон гильзасын жіп бумаларымен шандып байлайды (3.9-сурет).




3.9-сурет. Тұтандырғыш патронды қолдану.
*1-тұтанатын никель сымы; 2-ток жіберетін шнур; 3-оқ-дәрі; 4- қабы*

### 3.4. Электрлік және электрлік от пілтені жару әдістері

Электрлік жару әдісі – заматтың баяу өтетін дүмпіткіштерімен атқарылады. Яғни ол, заматтық әрекеті – электрлі тұтандырғышпен тікелей жалғанған капсюль-дүмпіткіштер. Екі оқшауланған электр өткізгіш (мыс, темір немес биметалдық кесектер) ұзындығы 2–4 см және кең қабаттарында диаметрі 0,5–0,6 мм, ұзындығы 5–10 см. Оның ұштары 5–10 см оқшаулаудан тазаланған және айыр түрінде таратылады. Мұның артқы жағына, кішкене металл көпір балқымасымен жапсырылады. Ұзындығы 2–4 мм, диаметрі 30–35 мк, материалы нихром (никельдің хроммен балқымасы). Доғалы өткізгіштермен бекітулер: майысқақ және қатты болуы мүмкін. Доғалмен көмкерілген (тотықсыздандырғыш төбешігі) оңай тотығатын қатты құрамдармен жабылған.

Электр тұтандырғыш капсюль-дүмпіткіш топшасына пластикалық тығынмен, гильзаның сығылуы арқылы бекітіледі.

Сым бойымен ток жіберген кезде доға қызып, оның ұшына от береді. Осылайша пайда болған жалын, дүмпіткіште лезде жарылыс тудырады. Мұндай электрдүмпіткіштерді – *әсерлі электрдүмпіткіш* деп атайды.

Тұтандырғыш төбе екі қабаттан тұрады.

Бірінші қабат раданитте қорғасын (50% салмақ бөлігі) бертолет тұзы (50% бөлік) және қызыл бояулы қорғасыннан (1 бөлік, біртекті араласу көрсеткіші сияқты) қоспадан тұрады. Ал желімдегіш зат – 4 % нитролак. Екінші қабат бертолет тұзы (178 салмақ бөлік) мен ағаш көмірі (22 бөлік) қоспасынан тұрады. Желімдік зат – 26%-ті ағаш желімдегішінің судағы ерітіндісі. Оның тұтандырғыш ұшы нитролакпен лакталған. Мыстың өткізгіштегі электрдүмпіткіштік кедергісі 1,5–4 Ом және ол темір өткізгіште 2,9–9,5 Ом.

Электрдүмпіткіштердің токқа сезімталдығы біртекті: 20 тізбектей жалғанған 1 А электрдүмпіткіштері де тұрақты токта кедергісіз жарылады (айнымалы токтың күші 2,5 А кем емес). Жұмыс істеу уақыты $t_р$=2÷6 мс. Тұтану импульсі $i^2$. $t_В$=0,6÷ 2,5$А^2$ *мс, 5 мин тізбектегі қауіпсіз токтың күші – 0,18 А.

Қазіргі кезде кен өндірісінде лездік ЭД-8-ЗПС (ГОСТ 9089-63), ЭД-8-Ж мен ЭД-8-Э (тура сондай ГОСТ) және ЭД-8-ПМ (МРГУ -3-192-64) электрдүмпіткіштері пайдаланылады. Мұндағы бастапқы үш түрдегі бірінші инициирлеуші жарылғыш зат оқтамасы 0,5 және екінші - 1г болады. Ол шаң мен газ бойынша қауіпсіз шахталар мен ашық жұмыстарға арналған.

ЭД-8-ЗПС электрдүмпіткіші оқшау жіптермен бірге шығарылған өткізгіштер болады, ол тек қана құрғақ кенжарларда пайдаланылады, ЭД-8-Э (доғаға майысып бекітілген) және ЭД-8-Ж (қатты бекітілген) – суға тұрақты пластикалы оқшау өткізгіш болып келеді. Сақтандырғыш қуатты электрдүмпіткіштер ЭД-8-ПМ газдар мен шаңдар бойынша қауіпсіз шахталарға арналған. Олардың сақтандырғыш жарылғыш зат оқтамасы 1,6 г-нан жоғары болады. Сақтандыруды беру үшін гильзаны күкірт қышқылды калийдің бакалитті лак қоспасымен жабады. Қабаттың қалыңдығы 0,1 мм. Гильза қалыңдығы 0,45–0,5 мм. Гильза мен табақша (қалпақша) –

болат болады. Сондай-ақ, ЭД-8-ПМ электрдүмпуіші шығарылады. Бұл, ЭД-8ПМ сияқты электрдүмпіткіштердің механикалық әсерлерге сезімталдығы төмен.

*Электролитті жару әдістері*. Қолайсыз орындарда, жарушы жасырынуға, кетуге қиындық туған кезде немесе көптеген теспелерді жарғанда пайдаланылады. Бұл жағдайларда электрлі жандырғыш патрондарды топтап жаруға қолданады.

Электрлі жандырғыш патронның өзі парафин мен канифол қоспалары – флегматизирленген оқ-дәрі қабаты болып саналатын, жұқа картонды гильза ретінде қарастырылады. Гильзаға теспе арқылы өтетін 20–25 см отты пілтенің бөлек кесіндісіне, электрлі тотықтырғыш гильзаны бекітеді. Гильза пілтені бумасымен бірге тығыздап, кендір жіппен орайды. Электрлі тұтандырғыш өткізгішті магистральдық өткізгішке қосады. Жасырынғаннан кейін токты тізбекке қосып, оттық пілте кесіндісін тұтандырады, ал соңында оқ-дәрімен жарылғыш түтіктер, пілтелеп тұтанады.

Патрон электрлі тұтандырғышпен әрекеттеседі.

### 3.5. Электрдүмпіткіш теориясынан мағлұматтар

**Тұрақты токпен жару.** Электрлі тұтандырғыш доғасы арқылы ток өткен кезде жылу бөлінеді және Джоуль-Ленц заңы негізінде шамасы анықталады:

$$Q=0{,}24i^2 rt, \text{ ккал.} \qquad (3.1)$$

мұндағы i – ток күші, А;

r – электрлі тұтандырғыш доғаның кедергісі, Ом;

t – токтың өту уақыты, с;

$i^2t$ – туындысы – токтың импульсі деп аталады.

Доғаның өлшемі жеткілікті болған кезде, тұтандырғыш құрамды тұтану температурасына дейін қыздыру керек. Мұндай импульс (оны К арқылы белгілейді) – *тұтану импульсі* деп аталады. К – өлшемі электрдүмпіткіштің токқа сезімталдығын сипаттайды.

Тұтану, импульс өлшемінің шашырауы имек диаметрінің мұқият калибрленуі, тұтандырғыш құрам мен тұтандырғыш

төбешігінің біркелкі дәрежесіне байланысты. Тұтандырғыш импульстің шашырауы неғұрлым төмен болса, солғұрлым тізбектеп жалғанған топтағы электрдүмпіткіш жарылысының ықтималы кедергісіз болады.

Тізбектегі жалғанған электрдүмпіткіштің кедергісіз жарылу шартын түсіну үшін олардың жарылу әдісін қарастырамыз.

Электрдүмпіткішті тұтану импулсінің өлшемі:

$$K = i_b^2 t_b. \qquad (3.2)$$

мұндағы $i_b$ – тұтандырушы токтың мөлшері, А;

$t_b$–тұтану уақыты (токты қосқан уақыттан бастап, тұтанғыш қоспалардағы жану басталған сәттегі уақыт), мс.

Тұтанғыш қоспалардың жануы – имектің жоғарғы бетінен басталып, оның қабаттарына тарайды да, дүмпіткіште жарылыс тудырады. Тұтанғыш құрамның жану уақытының басталу мезгілін, электрдүмпіткіштің жарылысына дейінгі уақытты, берілу уақытын $t_n$ деп атайды. Токты қосқан кезден бастап электрдүмпіткіш жарылғанға дейінгі уақытты – жұмыс істелінген немесе реакциялық уақыт деп атайды және ол:

$$t_p\text{-}t_b\text{+}t_n. \qquad (3.3)$$

Сезімталдығы шамалы электрдүмпіткіштердің реакциялық уақытына қарағанда сезімталдығы ең аз электрдүмпіткіштердің тұтану мезгілі болады. Тізбектей жалғанған электрдүмпіткіш топтары кедергісіз жарылыс береді, яғни:

$$t_{b\,min} < t_{b\,min} + t_{n\,min}\ .$$

Бұл жағдайда сезімталдығы неғұрлым төмен электрдүмпіткішнің тұтанғыш құрамы неғұрлым сезімтал электрдүмпіткішнің жарылыс мезетіне дейін тұтануы мүмкін. Тұтану уақытын ток күшін көбейту арқылы азайтуға болады, ал өткізу уақыты бұған байланысты болмағандықтан, әр түрлі сезімтал электрдүмпіткіш тобының кедергісіз жарылысына қол жеткізуге болады. Айталық $i_r$ – тізбекті жалғанған және әр түрлі сезімтал (яғни, тұтану импульсінің түрлі мәндерінде) барлық электрдүмпіткіштердің жарылыс беру кезіндегі ток күші делік. Сонда (3.3) формуладағы $i^2_r$ өлшемінің сол және оң бөліктерін көбейткенде алынатын шама:

$$i^2_r\ t_{b\,max} < i^2_r\ t_{b\,min} + i^2_r\ t_{n\ min}\ .$$

немесе $$K_{max} < K_{min} + i^2_r\ t_{n\ min}$$

Осыдан,

$$i_r > \sqrt{\frac{K_{max} - K_{min}}{t_{n\,min}}}\ . \qquad (3.4)$$

Егер $K_{max}$, $K_{min}$, $t_{n\ min}$ мәндері белгілі болғанда, эксперименталды түрде кепілді ток күшін жоғарыда келтірілген формула бойынша анықтауға болады.

*Айнымалы токпен жару.* Заматтық айнымалы ток күші синусоида бойынша өзгереді және оның пәрменді мәні $i_{эф}$. Мұның кейбір қиындыларының уақыты $t_1$, t өлшеміне, айнымалы токтың жиілігіне және қосу мезгіліндегі ток фазаларына тәуелді.

Айнымалы ток пәрменділігінің кепілді өлшемін төмендегі формула бойынша анықтауға болады:

$$i_{r\,эф} \sqrt{\frac{K_{max} - K_{min}}{t_{n\,min} - \frac{T}{2\pi}\sin\frac{t_{n\,min}}{T}}}\ ; \qquad (3.5)$$

мұндағы Т– бір периодтағы айнымалы токтың ұзақтығы, мс.

Қазіргі уақытта шығарылатын нихромды имекті электрдүмпіткіштердің айнымалы тогының кепілді күші $i_r$ = 1 А; ал техникалық айнымалы токтікі $i_{r\,эф}$= 2,5А.

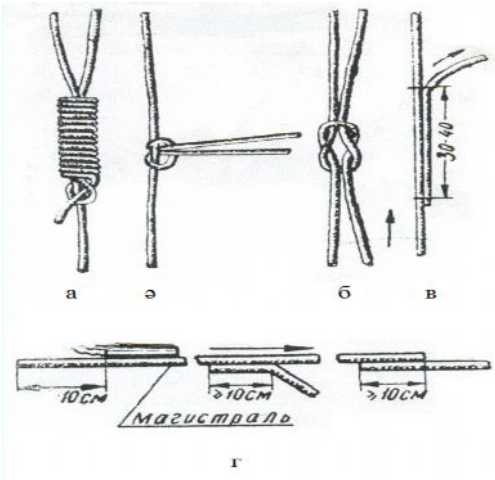
### 3.6. Дүмпіткі пілте және басқа жарғыш құралдары

Дүмпіткіш пілте (ГОСТ 6196-68) 2–3 орамды парафинмен қапталып, үшіншісі – қызыл түске боялған. Ал оның ішкі түрлері отты өткізгіш пілтеден ажыратылатын екі қызыл жіптері бар, өзегі инициирлеуші жарылғыш затпен (тэн гексоген) көмкерілген.

Қазіргі кезде ДП ДШ-А дүмпіткі пілтесі пайдаланылады, ол тэнмен жарақталған 1м-ге 12 жарылғыш зат пілтенің дүмпу жылдамдығы шамамен 7 км/с. Шумаққа оралған пілте 50 м етіп

кесіледі, ол тығыз қағазбен оралып шығарылады. Шумақтың 10 талын ағаш жәшікке салады. Пілтенің диаметрі 4,8-5,8 мм.

ДП-ге капсюль-дүмпіткіш (КД) немесе электрдүмпіткішпен (ЭД) от беріледі, яғни жарылады. Оны лентамен оралған бау немесе шуда жіппен (кендір жіп) байлайды. Ондағы әр пілтенің бір қиындысынан екіншісіне жарылыс беру үшін, кендір жіппен айқастырып немесе күрмеп (теңіз түйіні) байлап, жалғайды. Пілте 10 см ұзындығында түйісіп жатуы керек. Дүмпіткі пілтені пышақпен кесуге болады. Дүмпіткі пілтемен жұмыс істеу және жарылыс желісін монтаждау қарапайым, әрі қауіпсіз. Жақсы оралған пілте 12 сағат суда тұрса да, ол су өткізбейтін қабыршықпен оралған (3.10-сурет).




3.10-сурет. Дүмпіткі пілтемен жұмыс істеу

Дүмпіткіш пілте күн сәулесіне және жылы жерде сақтауға төзімсіз, олардың орамасы балқып, жарылғыш зат ашылып қалады. Су асты жұмыстарында оның да үшінші орамымен бірге, пластикамен қапталған суға төзімді ДП-В пілтесі дайындалады.

Мұнай өндірісіндегі жару жұмыстарында (торпедалар мен $165^0$С температурада терең скважиналардың перфораторлы оқтамаларын арттыру үшін) дүмпіткі пілте – жылуға тұрақты (ДПТ-165) және одан күшейткіш (ДПУ) шығарылады. Полиэтиленді гермитизирленген қабық жылуға тұрақты жарылғыш затты пайдаланған. Ол оның жоғарғы қысым (800 кгс/см$^2$ жоғары) мен температураларда жұмыс қабілеттігінің жоғары болуын қамтамасыз етеді.

Шаң мен газдар бойынша қауіпті шахталардағы жару жұмыстары үшін сақтандырғыш дүмпілік ДШП-1 және ДШП-2 пілтелері шығарылады. Мұның бірінші өзекшесі – жалын сөндіргіштер (сілтілі металдың активті тұздары) мен жарылғыш зат қоспаларынан тұрады. Оның сыртқы қабықшасы полихлорвинильді, пілті диаметрі 6 мм пілтенің екінші өзекшесі целофанмен қапталған сақтандырғыш жалын сөндіргішті жарылғыш заттың өзінен тұрады. Сонымен қатар, оның екі жіп орамасы мен полихлоривинильді қабықшасы бар. Пілтенің сыртқы диаметрі 8,6–9 мм.

Пілтенің дүмпулік жылдамдығы 6 км/с. Электрдүмпіткіштер тез дүмпіп, жарылғыш затқа дүмпу береді. Ол 30 кгс/см$^2$ дейінгі қысымда суға тұрақты.

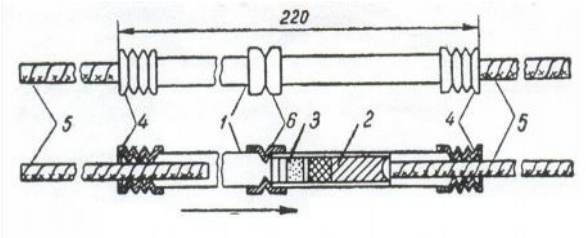
Дүмпуді баяулатқыш приротехникалық реле. Дүмпіткі пілте оқтамалардың өте баяу жарылысы қажет болған кезде, жақын орналасқан скважиналарға (немесе скважина сериясына) (ДШ) магистральді сызықтарда баяулату үшін пайдаланылады. Ол белгілі бір тізбектегі берілген уақыт аралығында оқтамаларды жаруға қолданылады.

Қысқа баяулатқы дүмпіткі пілте (ҚБДП) яғни, қолданылатын ҚБДП-62–2 баяулатқыш, пиротехникалық реле инициирленген дүмпіткі пілтедегі жарылғыш зат оқтамаларының жарылуын баяулату кезінде пайдаланылады. Реле өзекшесінің екі жері қысылған металды құбырдан тұрады. Құбырдағы тірекке дейінгі екеуінің соңында қосымша жіберілетін, яғни мыс тотығы мен алюминий ұнтағынан тұратын баяулатқыш пен диафрагмадан тұрады. Құбыр қалпақшасының аузына баяулатқыш қосылған. Содан кейін оған қосымша капсюль-

дүмпіткіштер жіберіліп, құбырға қысу арқылы ұзындығы 265 мм ДШ қиындысы бекітілген.

КЗДШ-62-2 екіжақты әсері болады, дүмпіткіш пілте желісіне дүмпу береді, ол желісінің соңы қалай қосылғанына тәуелді емес. Сондықтан дүмпіткі пілтенің жарылыс желісін әр түрлі қалыпта құрастыруға болады. Реле – құбырлардағы ортаңғы бөлігінің тұсымен ерекшелінетін, баяулатқының үш сатылық түрінде шығарылады.

Баяулатқы КЗДШ-62-2 $+50^0$С-тан $-30^0$С температурадағы жұмыстарға арналған (3.11-сурет).




3.11-сурет. Қысқа баяулатқы дүмпіткі пілте.
*1– металды труба; 2- аралық калпачок; 3- баяулатқыш; 4, 6- бекітпе; 5- дүмпіткі пілте*

Пиротехникалық баяулатқыш дүмпіткі КЗДШ-69 пілтесі, ортаңғы бөлігі алюминий төлкесі және торцпен қысылған картонды құбырдан тұрады. Құбырға капсюль-дүмпіткіш пен баяулатқы құрам енгізіліп, дүмпіткі пілтенің қиындысымен бекітілген. Баяулатқының КЗДШ-69, дүмпуді тек қана бір бағытқа қарай, яғни гильзада көрсетілген бағыт бойынша беріледі. Сондықтан, жарылыс желісін құрастыруда бұл ерекшелікті ескерген жөн.

### 3.7. Жарылғыш материалдар мен жару құралдарын сынау

Капсюль-дүмпіткіштерді сынау. Капсюль-дүмпіткіштердің сыртындағы жылына қарап, оның жұмысқа жарамдылығын тексереді. Ол үшін базисті қоймаға түсетін әрбір партиядан екі жәшікті ашып, ішінен 200 капсюль-дүмпіткішті таңдап алады.

Содан соң оның сыртқы күйін тексеріп, ішіндегі гильза бетінің ластанбауына көз жеткізіледі. Металды гильзалардың қабыршығында, сызаттар мен металдық ыдырау іздерінің дақтары болмауы керек. Ал қағазды гильза – аузында қабатты қағаз, (ОП) енгізілмеуі және дүмпіткіш арқасында жарылғыш зат болмауы керек. Дүмпіткіштердің осы көрсетілген ақауларында оны жарамсыздандырып, жою үрдісі анықталады. Дүмпіткіштердің патрияларын келешекте қолдану мүмкіндіктерін, зауыттың дайындаушы өкілдері қатысқан комиссия шешеді.

*Электрдүмпіткіштерді сынау*. Электрдүмпіткіштердің жарамдылығын жұмыста оның сыртына қарап тексеріп, иінінің бүтіндігі мен кедергінің сәйкестігін анықтайды. Патронда дүмпітудің қозуы мен оларды тізбектей жалғанған кездегі топтардың бұзылуын сынайды. Баяу әрекетті электрдүмпіткі (БӘЭД) немесе электрдүмпіткіштері мұнымен қатар, баяулау дәрежесіне де сыналады. Электрдүмпіткіштері сулы немесе дымқылды кенжарларға арналған құралдар алдында сумен дымқылданады. Сынақ үшін әрбір жәшіктен 20-дан кем емес, қораптың 35–50 мың дана партиясынан 200 электрдүмпіткіштер алады.

Электрдүмпіткіштердің кедергісін омметр немесе өлшегіш иін көмегімен тексереді. Электрдүмпіткіш арқылы өтетін сынақ кезіндегі ток күші 0,05 А-ден кем болмауы тиіс.

Топтарға қопару сынағы кезінде оларды тізбекте жалғанған 20 электрдүмпіткіш және дәл осындай үш топтан, тұрақты ток күші 1А кезінде бөлектеп жарады. Бір ғана кедергі немесе жарылыстың толық болмауынан, қайтадан үш топты сынайды. Егер осы кезде ақаулы жарылыс болса, онда электрдүмпіткіштер партиясын жарамсыз етеді.

*Отты өткізгіш пілтелерді сынау*. Отты, өткізгіш пілте сыртқы бақылаудан өткізеді де толық немесе біркелкі жану жылдамдығымен сынайды. Сырттан бақылауда мынадай ақау түріне назар аударылады: қабықшаның сынуы мен сызаттары, батуы, жуандығы, түйіндері, түтілген жерлері, дымқылдану

белгілері, т.б. Пілтеде осы ақаулардың болуынан, оны жарамсыз етеді.

Толық жану мен жану жылдамдығын сынау үшін сыртқы бақылаудан өткен орам мөлшерінен 2% таңдап алынып, әрбір орамнан 60 см етіп кесіп алады. Бұл үзіктерді тұтандырады, жану ұзақтығын секундомермен тексереді. Ол қалыпты жанғыш пілтелерде қызу 60-70$^0$С шамасында болады. Қалған бөліктің әрбір орамасын тұтандырып, оның толық және біркелкі жануын тексереді. Өшпеуі, қабықша арқылы жалын өтпеуі және оның тұтанбауы керек. Пілтелердің суға тұрақты сортын сынар алдында, оны тереңдігі 1м суда 4 сағат ұстап, одан кейін ылғал ұстағыш мастикпен мұқият орайды.

*Дүмпіткі пілтені сынау.* (ДП) сыртқы бақылаудан өткізіп, кедергісіз жарылысын сынайды. Кедергісіз жарылыс дүмпіткі пілтені сынату үшін 1м болатын 5 қиып алынған үзіктерді үш шумақ етіп кеседі, ал қалған 45 м-дің әрбір шумағын магитральды сызықтар ретінде қолданады. Сызықтарға үзіктер мен үш шумақты бір-бірімен жалпы сызықтарға жалғайды. Пілте магистралында 1 немесе 2-ден асатын кедергілер болса, жалғанған кесінділер жарамсыз болып шығады.

Егер берілген дүмпіткі пілтені партиясы дымқыл немесе кеңжарларда пайдаланатын болса, онда дымқыл кенжарлар үшін 1 сағат ауқымында 1 м тереңдіктегі суда, пілтені мұқият суға батырады да сулы жұмыстарда – 4 сағат шамасында шумақтардың соңын суға төзімді мастикпен жасайды.

Егер дүмпіткі пілтені партиясы жоғары (+60$^0$С-қа дейін) немесе төмен (-15$^0$С-тан төмен) температурада пайдаланатын болса, онда мұны сынар алдында сәйкес температурада ұстап тұру қажет.

Жарылғыш зат пен жарылыс құралдарын сынау кезінде, қатаң түрде оның ерекше қауіпсіз жағдайлары мен ережелерін қарау қажет.

*Оқтамаларды жару тәсілдері*

Шаң мен газдар бойынша қауіпсіз шахталарда иілу бұрышы 30$^0$ кем емес жерасты жұмыстарында жазық пен

еңкіш бағытта кен қазғанда және ашық өндіруде, отпен жару пайдаланылады.

Инициирленген оқтамаларды жақын орналасқан жарылғыш материалдарды, тұтыну қоймаларындағы арнайы орындарда (жерасты жұмыстарында, кенүңгірде) дайындалатын тұтанғыш түтіктермен өндіреді.

Отты пілтенің тұтанғыш түтіктерін дайындау барысындағы ерекшелігі – оның майысуы сирек және қиындыларды қажетті ұзындықта кесуге болады, бірақ ол 1м-ден кем болмауы тиіс. 2 см ара қашықтықтағы тұтанғышты тұтандыру қолайлы болу үшін, пілте диаметрін 2/3 тереңдіктегі қиғаш тілік етіп жасайды.

Отты пілтенің қиындысының екінші ұшын, дүмпіткіштің ауыз жағына тостағаншамен түйіскенге дейін кіргізеді. Ауызғы жағы металды гильзалы дүмпіткіш пілтенің айналасын қысқыш-сыққыштар немесе арнайы құралдармен қысады. Дүмпіткіш пен қағаз гильзаның пілтемен жалғанған жерін резеңкелі таспамен орап немесе тығыздап, кендір жіппен байлайды.

Жарылғыш зат патронына тұтанғыш түтікті салып, оны бекітеді. Мұндай патронды – жауынгер патроны немесе жауынгер деп атайды. Жауынгерлер кенжарда (теспелерді тікелей жарақтауда) мына жолмен дайындалады: Жарылғыш зат патроны түбінің бірін қағаз қабықшамен қаптап, өлшемі капсюль-дүмпіткішінің өлшемімен сәйкес болатын шұңқырды, ағаш өзегінен жасайды. Бұл шұңқырға тұтанғыш түтіктің капсюль-дүмпіткішін салады. Содан кейін қағаз қабықшаның ұшымен отты пілтенің айналасын орайды да, кендір жіппен байлайды. Тұтанғыш түтікті тұтандырғыш фитиль, бақылағыш пілте және тұтандырғыш патрондармен жағады.

Жер астында кенді отпен жару кезінде бір адамға пілтені 16-дан артық жағуға болмайды. Ені 5 м шамасындағы кенүңгірде пілтені екі адам жағуға болады. Оның біреуі – шебер-жарушы, яғни жауапты болу керек. Оның бұйыруымен пілтелерді жағу басталады және аяқталады, сонымен қатар ол тасаға жасырынуға бұйрық береді.

Жарушы соңғы жарылыстан кейін 5 мин ішінде тасадан шығуы керек. Егер ол жарылысты санамаса немесе жарылыстардың барлығын санаған болса, онда соңғы жарылыстан кейін 15 мин ішінде жасырынуға рұқсат етіледі.

Жер бетінде отпен жару кезінде уақыт – бақылау түтігі арқылы іске асырылады (тұтанғыш түтіктің пілтесі – түтіктегі оқтама пілтеге қарағанда 60 см ). Жарушы алдымен бақылағыш түтікті оқтамаларды жағып, оны жұмыс орнынан 5-10 м жерге лақтырып тастап, оқтама түтіктерін жағуға кіріседі. Дүмпіткіштердің бақылағыш түтігі белгі бергенде жарушы тұтандыруды тоқтатып, жасырынатын орынға кетуі керек. Бір кенжарда бірнеше жарушы жұмыс атқарғанда, бақылаушы түтікті бас жарушы жағуға тиісті.

**Отпен жару** – қарапайымдылығы, арзандығы және оқтамалардың жоғары пәрменділік әрекетімен ерекшелінеді. Оның кемшілігі – электрлі немесе дүмпіткі пілтемен жарған кездегіге қарағанда, қауіптілігінің жоғары болуы.

*Дүмпіткі пілтемен жару*. Миналы кенүңгірді, скважина оқтамаларын, кенді ашық өңдіруде кеңінен пайдаланады. Жарудың бұл тәсілі – *капсюльсіз* деп те аталады, ол қауіпсіздігімен ерекшеленеді.

Скважиналық оқтамалардың жару тәсіліндегі жұмыстар мынадан басталады: ұнтақ тәрізді жарылғыш зат толтырудан басталып, дүмпіткі пілтені скважинаға түсіреді (брекітігіне арналған қосалқы жарылыстың желі), сосын скважинаға жарылғыш затты төгіп, оның үстіне тығындық материалды салады. Скважинаның ауыз жағына, яғни бетіне магистральды сызық дүмпіткі пілте салынып, оған төмен түсірілген дүмпіткі пілте ұшын жалғап байлайды. Магитсральды сызықты дүмпіткі пілтеші – капсюль-дүмпіткіш немесе электрдүмпіткішпен жарады. Осылайша дүмпіткі пілте скважинадағы жарылғыш зат оқтамасында жарылыс тудырады. Скважиналарды патронмен оқтау кезінде олардың біреуін жауынгер ретінде, яғни дүмпіткіш пілтені патронмен қоса салып өткізеді немесе пілтемен бір патронды орап іске асырады. Скважиналардың барлық оқтамаларының 100-інде бір уақытта жарылады.

Соңғы кезде тығыздалған скважиналарды оқтамалары 20–60 мс интервалда баяулата жару тәсілін кеңінен қолдана бастады. Бұл – дүмпіткі пілтемен жару кезінде пиротехникалық баяулатқыш реленің көмегімен іске асырылады. Жарылыс кезінде оқтамаларды екіжақты баяулатқыш көмегімен бір дүмпіткі пілтені пайдаланғанда, магистральды сызықты төсемінің кедергісіз жарылуы жоғарылайды.

Бірнеше қатарлы скважиналар бірден бір уақытта жарылады, ал баяулатқыш – қатарлардың аралығында болу қажет, яғни бірінші қатардан – екінші, одан үшінші, т.б. бірінен кейін бірі жарылыс беруге тиіс. Сол үшін өте қысқа баяулатқыш үшін электрдүмпіткіштер пайдаланылады, сол арқылы қатарларда өзара жалғасқан скважиналардың магистральдық сызықты дүмпіткісі – пілтесі жарылыс береді.

## 3.8. Жарылыс бұйымдарын өлшеу және бақылау құралдары

Электрлі жарылыс тізбегінде және электрдүмпіткіштердегі кедергілер өлшеу үшін имек түрдегі Омметр пайдаланылады. Р-353 Омметрдің салмағы 1,5 кг, өлшемі 165х140х75 мм, ол МЦ-ЧК элементімен жұмыс істейді. Қысқыштағы 6 шектік көрсеткіш 0,20–50 Ом, қысқышпен тұйықталған және қысқышты есептемегенде 20–5000 Ом. Жұмыстың шкала бөліктері 0,3–30 және 30–3000 Ом. Өлшенген кедергіні (электрдүмпіткіш немесе электрлік жару тізбегі). Омметр қысқышына қосады. Егер өлшенген кедергі 30 Ом жоғары болмаса, қосқыш қысқышпен жалғанады немесе өлшенген кедергі 30 Ом жоғары болса, онда оларды қоспайды. Гальванометр бағыты нөлді көрсеткенге дейін түймені басып тұрып, тұтқаны айналдырып, сызықтық көрсеткішіне қарсы лимб санамасын алады. Кедергіні 30 Ом-ға дейін өлшеу кезінде сыртқы лимб шкаласынан санама алады, ал ішкі шкаланы – үлкен кедергілер болған кезде алады.

Құралдың жеке өзі, екі диагональды және төрт тең салмақты имек түрінде қарастырылады. Екі иіннің

кедергілермен қиылысқан жері реохорд түзейді. Үшінші иіннің тұрақты кедергісі болады (төмен шектегі өлшемі 3 Ом, жоғарысы 300 Ом); төртінші иіннің өлшенетін кедергісі. Имектің бір диагоналын қосымша кедергілермен $r_0$=3. Ом тізбектей жалғанған ток көзіне қосылады, ал басқасын – гальванометрмен жалғайды.

Осы мақсатпен ОВЦ-2 омметрлер ОВЦ-3 (жарылыс тізбегіндегі омметр) әсер етеді, осылармен 1-ден 50 дейінгі және 10-нан 500 Ом дейінгі кедергілерді өлшеуге болады.

Электрдүмпіткіштер немесе электрлі жару тізбегінің өткізгіштерін қыстырғыштармен қысып, түймені басады (егер 50 Ом төмен кедергіні өлшегенде қарама-қарсы жақта орналасқан түйме) және сақинаны айналдырып, гальванометр бағытын нөлге келтіреді. Содан кейін санаманы шкаладан алады. Құрылғының массасы 0,43 кг, оның биіктігі 155 мм, диаметрі 52 мм. Ол Р-533 омметр қарағанда қолайлы және кенжардағы жұмыстарға тиімді, бірақ өлшемнің нықтылығы төмен.

Электрдүмпіткіштермен электрлік өлшеу және тексеру жұмыстары кезінде ток 0,05 А шамада жіберілуі керек. Жоғарыда келтірілген омметрлер осы қажеттіліктерді қанағаттандырады.

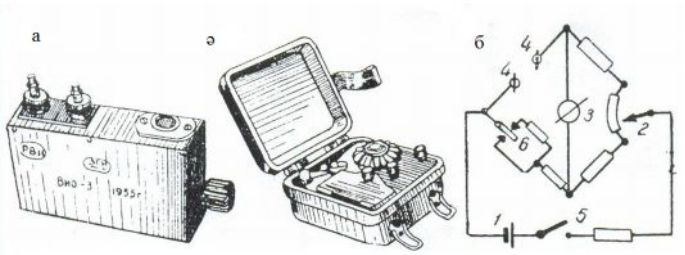
Шахтадағы шығындық қоймаларында электрдүмпіткіштердің кедергілерін тексеру үшін өлшеу шегі 0,5–8,5 Ом болатын омметр – ОКЭД-1 классификаторы мен ОКЭД-2 пайдаланылады. Дүмпіткіш өткізгіштерінің ұшын құрылғының түйіспе түйініне салғанда, шкаладан оның кедергісінің санамасын алады. Бұл, құрылғыны электрдүмпіткіштері көп болғанда кедергіні тез арада өлшеуге және олардың кедергілерін топтастыруға қолданады.

Имек түріндегі омметрлерден басқа, жарылыс жұмыстарында ықшамды құрылғы кішкене қалталы омметр ОК (М-57) пайдаланылады, оның шкаласының аралығы 0-ден 5000 Ом. Мұның көрсететін санамасының дәлдігі үлкен емес, сондықтан оны электрдүмпіткіштердің немесе электрлі жарылыс тізбегінің ток өткізгіштігін тексеру үшін жиі қолданады.

Құрылғының салмағы 0,3 кг.

Жарылыс тізбегін толық тексеру үшін жарғыштық сынамалар пайданылады. Бұл ток көзінен және сигналды неонды шамнан құралған, сырты пластмасса немесе металды қалталы құрылғы. Жарылғыш сынамаларда ток көзі ретінде пьезокристал немесе қуатты төмен индуктор батареясын пайдаланады.

Пъезоэлектрлі ВИО-3 жарғыш сынамасында керамикалық пъезоэлемент құрсауда қысылған. Серіппелі тоқпақпен кішкене білікке соққы жасайды. Соққы әсерінен төмен пъезоэлементтің бетінде ЭКҚ туады да, төмендеткіш трансформаторың бірінші орамасында ток жүреді. Тексерілетін тізбекті, құрылғының қысқышына қосады. Егер тізбек дұрыс болса, онда ток төмендеткі трансформатордың екінші орамасынан, жоғарылатқыш трансформатордың бірінші орамасына өтеді. Нәтижесінде жоғарылатқыш трансформатордың екінші орамасында ток индукцияланған, неонды сигналды шам жарық етеді. Кедергі 300 Ом-нан көп болғанда және тізбек түзілген кезде шам жанбайды (3.12-сурет).




3.12-сурет. Пьезоэлектрлі ВИО-3 құрылғысы.
*1-электрлік жалғастардан келген сымдар; 2-қосқыш; 3-гальванометр стрелкасы; 4-клеммалар, шкаланы айналдырғыш стрелка; 5-нұсқағыш; 6-запал*

Құрылғы ыңғайлы (оның өлшемі 121х96х30 мм, салмағы 0,54 кг), әрі онымен жұмыс істеу қауіпсіз. Электрлі өлшегіш құрылғылар мен ток көздерінің дұрыстығын тексеріп отырады.

Әсіресе, омметр мен жарғыш сынамаларда ток күшінің 0,058 А-ден кем болмауын бақылап отырады.

*Электрдүмпіткіштерін жаратын ток көздері*. Шаң немесе газ бойынша қауіпті шахталарда электрдүмпіткіштер жару үшін ток көзі ретінде – конденсаторлы жарғыш құрылғыны пайдаланады.

Конденсаторлы КВП-1/100 м жарғы құрылғы, жарылысқа қауіпсіз және жарылыс торабында жалпы кедергі 320 Ом-нан кем болған жағдайда, тізбектей жалғанған 100-ге дейінгі электрдүмпіткіштерді жаруға арналған. Құрылғының жұмыс істеу принципі көрсетілген. Кілтті солға қарай «заряд» қалпына бұрағанда П 5-6 ауыстырып-қосқыш қалыпты жағдайға қойылып, Б батареясы ПП өзгерткіш тұрақты токтан, айнымалы токқа қосылады. Генерацияланған ауыспалы ток күшейткіш трансформатор $T_p$ және екі еселенген ВС түзеткіш мен конденсатордың екі еселенген кернеуінен $C_2$ (сыйымдылығы 0,05 мкф) тұратын токтың екі еселенген кернеуінің сұлбасы арқылы конденсатор жинағышқа $C_2$ барады (сыйымдылығы 10 мф).

*Конденсатор* – жинағыштағы кернеу 600 В жеткен кезде, триод базасында оң импульс беретін разрядтағыш Л жұмыс істейді, ол токтың генерациясын үзеді. Осының арқасында конденсатор-жинағышта кернеудің тұрақтануы өтеді. Құрылғы дайын болғанда белгі беретін неонды НЛ шамы бір уақытта жанып, ток жарылыс тізбегіне беріледі. Кілтті «Взрыв» қалыппен, яғни оңға бұрған кезде ауыстырғыш ПП 2-4 мс қосқыш 3–4 қалыпқа келеді. Осы кезде конденсатор-жинағыш жарылыс торабына (КЛ қышқыш) қосылады да, ол автоматты түрде 1–2 қалыпқа өтеді. Сөйтіп, R5 конденсатор-жинағы разрядты кедергімен тұйықталады (1к Ом). Бұл, тасталынған қалдық заряды.

Құрылғының қоректену көзі – үш элемент “Сатурн” (1,6-ФМЦ-У-3,2) түріндегі батарея. Қоректенгендегі кернеу 4,8 В болғанда конденсатор-жинағында тұрақтанған кернеу 650 В шамасынан кемімейді, ал ол 3,2 В көрсетсе, кернеу 600 В кем болмайды. Конденсатор жинағыштағы кернеу 590–620 В болғанда, неонды шам тұрақты жанып тұрады. Құрылғының

импульс өлшемі 3 $А^2$ мс кем емес, құрылғының зарядталу ұзақтығы вс. Құрылғының салмағы 2 кг, оның сауыты металл немесе пластмассадан жасалынған. ПИВ-100м көрсетілген конденсаторлы жарғыш құрылғының КВП-1/100м құрылғыдан ерекшелігі – оның жарылыс торабының кедергісін өлшеу үшін имек келетін омметр сауытымен қосылғандағы РЦ-75 (ОР-3) немесе РЦ-85 (ОР-4) элементімен қоректенеді. Омметр шкаласының шегі 0–400 Ом, аралық бөлінуі – 20 Ом, өлшеу дәлдігі 75–80%. Жарылыс торабын бақылау үшін оны құрылғы қысқышына қосып, сағат тілінің бағытымен ИВЦ Омметр қосқыш түріндегі иін тірегіне дейін бұрайды. Зарядтың қай кезде жарылатындығын өлшеу, жасырынатын жерде жүргізіледі. Өлшенгеннен соң иінді бастапқы қалыпқа бұрып қояды да, кілтті "заряд-жарылыс" ұяшығына салады. Кілтті сағат тіліне қарсы бұрап, белгі бергіш шам жанғанға дейін конденсатор-жинағышты зарядтайды. Бұдан соң сағат тілімен кілтті тез бұрап, оқтамаларды жарады да, одан кейін кілтті суырып алып, ұяшықты тығынмен жабады.

Электрлі сұлбамен қоректенетін жарғыш құрылғыға ұқсас КВП-1/100м құрылғысы. Бұл құрылғы торабындағы кедергі 320 Ом-нан кем болмағанда, тізбектеп жалғанған 100-ден аспайтын электрдүмпіткіштері жарылады. Конденсатор жинағыштағы кернеу шамасы 600 В болады. Ал 580–610 В кернеу кезінде белгі шамы тұрақты жанып тұрады. Ток импульсінің өлшемі $3А^2$ мс. Импульстің ұзақтығы 2-4 мс-қа жетеді. Құрылғы массасы 2,7 кг.

Жалынсыз жарылыс беретін БВ-48 патрондарын инициралеу үшін (гидрокись) қауіпсіз жарылғышты жоғары жиілікті ИВЦ-1/12 жарылғыш құрылғысын пайдаланады, ол 12-ге дейінгі оқтамаларды жарады. Конденсатор жинағыштағы токтың кернеуі 73 В, ал токтың импульсі $3А^2$мс, оның ұзақтығы 3–5 мс.

Шаң немесе газдар бойынша қауіпті шахтыларда пайдаланатын түзеткіш жарғыш құрылғыларды тексеру үшін, жарылғыш импульсті бақылайтын ПКВИ-3 м құрылғысы қолданылады. Мұның көмегімен жарғыш құрылғыдан, жарылыс торабына берілетін ток импульсінің ұзақтығы мен өлшемі анықталады.

Ашық кен жұмыстарында КПМ-1А, КПМ-2 және ВМК-500 конденсаторлы жарғыш машиналары пайдаланылады. Олардың массалары – 2,3; 7,8 және 6,5 кг сәйкес. КПМ-1А машинкасымен тізбектегі кедергі 300 Ом кезінде 100-ге тарта электрдүмпітушілерді жаруға болады. Ал КПМ-2 машинкасымен тізбектегі кедергі 1000 Ом кезінде, 300-ге жуық электрдүмпіткіштерге от беріледі, яғни жарылады. Бұл машинкалар ток кернеуін 1500 В қамтамасыз етеді. Аталған машинкаларда жарылыс тізбегінде токтың өту уақыты шектелмейді. КПМ-1А машинкасында екі машинкаға тізбекті параллель қосуға арналған тетіктер болады. Сонда күші екі есе артатын ЭД жаруға мүмкіндік береді.

ВМК-500 машинкасымен 2000 Ом кедергісі бар 800-ге дейінгі электрдүмпіткіштерді жаруға болады, сонда токтың кернеуі 3000 В жетеді.

Конденсаторлар разряды кезіндегі жарылыс тізбектегі токтың күші мына формула бойынша анықталады:

$$I = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}} = N(\ln\frac{U}{R} - \frac{t}{RC}\ln e)\text{, А.} \qquad (3.16)$$

мұндағы U – конденсатордың кернеуі, В;

R – жарылыс тізбегіндегі кедергі, Ом;

t – уақыт интервалы (осы арқылы токтың күші анықталады) С;

С – конденсатор сыйымдылығы, ф;

Конденсатор жарылыс тізбегіне қосқан кезде t өтетін токтың импульс өлшемі мына формуламен анықталады:

$$K=U^1C/IR(1-e^{2t/RC}). \qquad (3.17)$$

Өйткені, конденсаторлы машинка (құрылғы) тізбектеп жалғанған электрдүмпіткіштер тобын кедергісіз жарады, электрлік жарғыш тізбектегі кедергі шамасы жоғары болмау керек:

$$R_{пос} = \frac{U^2 C}{2K_{\max}}(1 - \frac{i_{\min}^2 C^2 U^2}{4K_{\max}^2}). \qquad (3.18)$$

мұндағы $K_{max}$ – тұтанудың бастапқы импульсі;

$i_{min}$ – берілген электрдүмпіткіштер үшін төмендегі тұтандырғыш ток.

Сонымен қатар, түрленген теңдеудегі шарттар сақталу қажет.

$$\frac{CR_{пос}}{2} \ln \frac{U^2 C - 2K_{\min} R_{пос}}{U^2 C - 2K_{\max} R_{пос}} \le t_{П}; \qquad (3.19)$$

мұндағы $K_{min}$– тұтанудың ең төменгі импульсі.

Тізбектеп-параллель жалғанған кедергі мынадан кем болмауы тиіс:

$$R_{CM} \le \frac{R_{пос}}{m^2}; \qquad (3.20)$$

мұндағы m – параллельдік топ саны;

$R_{пос}$ – (3.17) формуламен тексеріліп, (3.16) формула бойынша есептелінген тізбектей жалғанған электрдүмпіткіштердің кедергісі.

**1-мысал**. Конденсаторды жарылыс (t = 0) қосқан сәттегі токтың әсерлік мәнін анықтау. Конденсатордың сыйымдылығы c = 10 мкф, кернеуі U= 600 В, желі кедергісі R = 300 Ом.

$$I = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{600}{300} e^{-\frac{0}{300*10^{-5}}} = \frac{600}{300} * 1 = 2A.$$

**2-мысал**. Сыйымдылығы 50 мкф конденсаторды қосқан сәттегі 3с (t=3) аралығында токтың заматтық мәнін анықтау: U=400В, R=55 Ом.

$$I = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{400}{55} e^{-\frac{0.003}{55*50*10^{-6}}} = 2.45A.$$

**3-мысал**. C=55 мкф, R=55 Ом, U=400 В кезінде 3 мс-та жарылыс желісінен конденсаторға жіберілетін токтың импульсін анықтау.

$$I = \frac{U^2 C}{2R} 1 - e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{400^2 * 5 * 10^{-5}}{2 * 55} (1 - e^{-\frac{2*0.003}{55*5*10^{-5}}}) = 0.065 A^2 * c = 65 A^2 * MC \cdot$$

Тасымалданатын ПВС-220 жарғыш бекет шаң немесе газдар бойынша қауіпсіз шахталар мен ашық кен жұмыстарында берілетін желідегі айнымалы токты (220 В, 50Гц), электрдүмпіткіштерді жаруға пайдаланады. Бекетпен тізбектей жалғанған кездегі нихромды имекпен бірге, 70 электрдүмпіткішті жаруға болады.

Құрылғы мен токты жарғыш желіге тез арада автоматты түрде қосқыш арқылы оның максималь мәні болғанда ғана қосады, ал оның мәні нөл кезінде – сөндіреді. Құрылғыда төмендеткіш трансформаторлармен қатар, вольтметр мен омметр болады. Бекет өлшемдері 173х90х63 мм, тұрақты салмағы 1,6 кг.

Тұрақты жарғыш – бекет шахты оқпандарын жүргізгенде және ашық кен жұмыстарында қолданылғанда желідегі айнымалы токтың кернеуі 220–380 В болғанда ғана, электрдүмпіткіш жару үшін пайдаланылады.

Ол құлыппен жабылған үш жәшіктен тұрады: жарғыш өзінен-өзі сөндірілетін екі рубильник және вольтметр жәшікпен жарылыс желісінің кедергісін өлшейді. Ал жәшік – жарылыс желісінің кедергісі мен реостатты кедергісіне тең болған кездегі токтың шамасын анықтау үшін, құрылғы мен көтергіш реостаттан тұрады. Өлшеу кезінде жәшік бекітіліп тастайды. Ал жарар алдында құрылғыны өшіріп, жәшіктерді құлыптайды.

# 4. ОҚТАМАНЫ ЖАРУ ТӘСІЛДЕРІ

## 4.1. Оқтама есебі

Жарылыс уақытында таужыныстарының бұзылуы туралы нақтылы теория болмағандықтан, зарядтардың мөлшерін өте дәл табатын ғылыми жолмен шығарылған формалалар әлі жоқ. Қазір зарядтардың мөлшерін есептеу үшін тәжірибе жұмыстары нәтижесіне негізделген эмпирикалық формулаларды қолданады. Бұл − көлемдік формулалар, заряд мөлшері аттырылатын тау-жынысының көлеміне сәйкес жобамен шығарылған .

Топталған зарядтардың есептері. Көлемдік формула бойынша топталған зарядтың мөлшері төмендегідей.

$$Q=qV. \qquad (4.1)$$

мұндағы Q − оқтама мөлшері , кг.

$q$ − жарылғыш заттың салыстырмалы шығыны (1 м$^2$ таужынысын бұзуға және лақтыруға керекті жарылғыш заттардың мөлшері), кг/м$^3$;

$V$ − жарылыс воронкасының көлемі, м$^3$.

Нормальдық лақтыру воронкасы тік бұрышты конусқа ұқсас. Мұнда $r = w$, сондықтан конустың көлемін төмендегі формула арқылы табуға болады.

$$V = 1/3\,\pi r^2\,\omega = r^2\,\omega = \omega^3.$$

Енді нормальдық лақтырғыш зарядтың шамасын есептейтін формуланы жазуға болады.

$$Q_n = q_H\,\omega^3. \qquad (4.2)$$

мұндағы $Q$ − нормальдық лақтырғыш заряд мөлшері, кг;

$q_H$ − нормальдық зарядтағы жарылғыш заттардың салыстырмалы шығыны, кг/м$^3$;

$\omega$ − оқтама мен ашық сырт арасындағы төте жол, яғни қысқа қарысу сызығы (қ.қ.с), м .

Іс жүзінде (4.2) формуланы қолданғанда қысқа қарысу сызығы қолдан дайындалады, оны таужынысын қанша тереңдікке бұзғымыз келсе, сонша аламыз. Ал нормальдық зарядтың жарылғыш заттарының салыстырмалы шығынын ($q_n$) табу үшін «Союзврывпром» жасаған нормальдық таблицаны пайдалануға болады.

Аз немесе күшті лақтырғыш зарядтардың мөлшерін есептеу үшін, бұларды нормальды зарядпен салыстырған жөн. Егер таужыныстарының беріктігі мен ҚҚС-тың шамалары бірдей болған жағдайда, күшті лақтыру түбегін жасауға (n>1) нормальдық зарядтың мөлшерін көбейту керек; ал аз лақтыру, яғни қопсыту воронкасын алып (n<1), нормальдық зарядтың мөлшерін азайту керек. Заряд мөлшерлерінің нормальдық шамадан тыс көбеюі немесе азаюы, қимыл көрсеткішінің фунциясы болып есептеледі, мұны f(n) арқылы белгілейді. Сондықтан, қопсытқыш не болмаса күшті лақтырғыш зарядтарды есептеуде қолданылатын формуланың жалпы түрі төмендегідей:

$$Q = f(n) \cdot Q_n. \qquad (4.3)$$

Нормальдық лақтырғыш заряд пайдаланылған уақытта n=1; f(n) = 1. Қопсытқыш заряд қолданылса n <1; f(n) = 1болады. Ал күшті лақтырғыш зарядтарда n >1 және f(n) >1.

Қопсытқыш (нашар лақтырғыш) топталған зарядтың мөлшерін есептеу үшін «Союзвзрывпром» мамандарының ұсынуы бойынша f(n) мағынасын 0,33 деп алу керек (f (n)=0,33). Бұл жағдайда қопсытқыш зарядтың ($Q_P$) мөлшерін төмендегі формуламен есетеуге болады.

$$Q_P = 0{,}33 q_H \omega^3 = q_P \omega^3; \qquad (4.4)$$

мұндағы $q_P$ − қопсытқыш зарядтың жарылғыш заттарының салыстырмалы шығыны (5-кесте немесе 4.7-формуламен есептеуге болады).

5-кесте

Жарылғыш заттардың салыстырмалы шығыны
(жарылғыш зат – № 6 аммонит)

| Беріктік коэффициенті, f | Жарылғыш заттардың салыстырмалы шығыны, кг/м$^3$ | | Беріктік коэффициенті, f | Жарылғыш заттардың салыстырмалы шығыны, кг/м$^3$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $q_Н$ | $q_Р$ | | $q_Н$ | $q_Р$ |
| 0,3 – 0,4 | 1,0 | - | 8 | 1,7 | 0,57 |
| 0,5 – 0,8 | 1,1 | - | 10 | 1,8 | 0,60 |
| 1 – 2 | 1,25 | 0,42 | 12 | 1,9 | 0,63 |
| 3 – 4 | 1,4 | 0,47 | 14 | 2,0 | 0,67 |
| 5 | 1,5 | 0,50 | 16 | 2,1 | 0,7 |
| 6 | 1,6 | 0,53 | 20 | 2,2 | 0,73 |

5-кестені қарап, нормальдық лақтырғыш пен қопсытқыш топталған зарядтардың жарылғыш заттарының салыстырмалы шығынын ($q_0$) табу үшін, төмендегі формулаларды ұсынуға болады.

$$q_0 = \frac{k_0}{b}\left(3 + \sqrt{f}\right);$$

мұндағы $q_0$ – топталған зарядтың жарылғыш заттарының салыстырмалы шығыны , кг/ м$^3$;

$b$ – Ж.З. күшіне байланысты коэффициенті;

$\kappa_0$ – заряд қимылына байланысты коэффициент (нормальдық лақтырғыш зарядтарда $к_0$ = 0,3, қопсытқыш зарядтарда $к_0$ = 0,1, жалпы алғанда $k_0$ = 0,1- 0,3);

$f$ – таужыныстарының беріктік коэффициенті (проф. Н. Протодъяконовтың шкаласы бойынша);

$$q_н = \frac{0{,}3}{b}\left(3 + \sqrt{f}\right); \qquad (4.5)$$

$$q_p = \frac{0,1}{b}\left(3 + \sqrt{f}\right), \tag{4.6}$$

Күшті лақтырғыш зарядтың мөлшерін есептеу үшін М.М. Боресковтың формуласы қолданылады. 1871 жылы генерал лейтенант М.М. Боресков күшті лақтырғыш зарядтағы f(n)-ның шамасын табу үшін төмендегі эмпирикалық формуланы ұсынды.

$$f_{(n)} = 0,4 + 0,6\, n^3. \tag{4.7}$$

мұндағы n − заряд қимылының көрсеткіші (n = 1- 3).

Топталған күшті лақтырғыш зарядтың мөлшерін ($q_y$) табуға арналған М.М. Боресков формуласының соңғы түрі төмендегідей:

$$Q_y = (0,4 = 0,6\, n^3)\, q_h \cdot \omega^3. \tag{4.8}$$

М.М. Боресковтың формуласы қ.қ.с. шамамен 25 м-ден аспаған жағдайда ғана дұрыс қорытынды береді. Егер, Қ.Қ.С.-ның шамасы 25 м астам болғанда, (4.8) формулаға проф. Г.Н. Покровский ұсынған төмендегі қосымша коэффициентті кірістіру керек.

$$\sqrt{\frac{w_\phi}{25}}\ . \tag{4.9}$$

мұндағы $\omega_ф$ – 25 метрден астам ҚҚС. - тың нақтылы шамасы.

Жоғарыда жеке зарядтардың есептері берілді. Іс жүзінде үздіксіз қазба алу үшін бірнеше зарядты біржола жаруға тура келеді. Бұл жағдайда заряд бір-бірімен ұрымтал, арнаулы жақындықта болғанда ғана, жеке воронкалар үздіксіз қазбаға айналады.

Көрші зарядтардың арасындағы қашықтықты «а» деп атайтын болсақ, бұл қашықтықтың Қ.Қ.С.-на қатынасын − зарядтардың жақындасу коэффициентінің «m» әрпімен белгілейді.

$$m = \frac{a}{w}. \tag{4.10}$$

Кен өндірісінде, яғни таужыныстарын тек бұзу ғана мақсат болған уақытта, жақындасу коэффициентінің шамасы 0,8-ден 1,2-ге дейін алынады (m=0,8-1,2). Күшті лақтырғыш зарядтардың араларын дайындауда, коэффициент шамасын төмендегі формуламен есептейді.

$$m = 0{,}5\ (1 + n). \qquad (5.11)$$

Ұзын зарядтардың есебі − скважиналық және шпурлық зарядтардың есептеріне бөлінеді.

Кен қазбаларын жүргізген кездегі шпурлық зарядтардың бір забойға керекті мөлшерін, төмендегі формула арқылы есептеуге болады.

$$Q = q_ш \cdot S \cdot l \cdot \eta. \qquad (4.12)$$

мұндағы $Q$ – забойда бір жарылысқа керекті жарылғыш зат мөлшері, кг;

$q_ш$ – жарылғыш заттың салыстырмалы шығыны, кг/м$^3$;

$S$ – қазбаның көлденең алабы, м$^2$;

$l$ – шпурлардың тереңдігі, м;

$\eta$ – КИШ, шпурларды пайдалану коэффициенті.

Жарылғыш заттардың салыстырмалы шығынын табу үшін бірнеше формулалар ұсынылған. Бірақ қазір олардың көпшілігі дұрыс қорытынды бермейді. Қазбалар жүргізгенде, жарылғыш заттардың шығынын табуға төмендегі формуланы қолданған жөн.

$$q_ш = \frac{\sqrt{f} - a\sqrt{S}}{b}. \qquad (4.13)$$

мұндағы $f$ – таужыныстарының беріктік коэффициенті;

$S$ – қазбаның көлденең алабы, м$^2$;

$a$ – тау қазбаларының түріне байланысты коэффициент, жабық (горизонтальдық) қазбалар үшін a = 0,12 – 0,15;

$b$ – жарылғыш заттардың күшіне байланысты коэффициент, № 6, № 7; аммониттер үшін $b$ = 0,9–1,0; АП – 2 аммонитқа b= 0,8–0,85; аммоналдарға $b$=1,1; детонаторға $b$=1,1–1,2; динамиттер үшін b=1,2-1,3.

Жалпы алғанда, скважиналық зарядтың мөлшерін төмендегі формуламен есептеуге болады:

$$Q = q_C \cdot H\,\omega^2 \cdot m. \qquad (4.14)$$

мұндағы $Q$ – бір скважинаға керекті заряд мөлшері, кг;

$q_C$ – жарылғаш заттардың салыстырмалы салмағы, кг/м$^3$;

$H$ – забойдың ұзындығы немесе биіктігі, м;

$\omega$ – ҚҚС, м;

$m$ – скважиналардың жақындасу коэффициенті.

Скважиналарды жер астындағы руданы қопару үшін қолданған кезде жарылғыш заттардың салыстырмалы шығынан төмендегі формуламен есептеуге болады.

$$q_C = \frac{0{,}05f + 0{,}1}{b}. \qquad (4.15)$$

мұндағы $f$ – таужыныстарының беріктік коэффициенті;

$b$ – жарылғыш зат күштеріне байналысты коэффициент.

Егер скважиналардың диаметрі 80 мм-ден артық болса, онда таужыныстарының жақсы ұсақталуы үшін жарылғыш заттардың салыстырмалы шығынын, скважинаның диаметрі өскен сайын көбейту керек. Жер астындағы жұмыстарда скважинаның диаметрін есепке алуға төмендегі формуланы қолданған жөн.

$$q_C = \frac{d}{b}\left(0{,}5f + 2\right). \qquad (4.16)$$

мұндағы $d$ – скважинаның диаметрі, м.

Скважиналық зарядты ашық жұмыстарда қолданғанда, жарылғыш заттардың салыстырмалы шығынына тәжірибе жұмыстары арқылы дайындалады. Кейбір мамандардың ойынша, ашық жұмыстағы скважиналардағы жарылғыш заттардың салыстырмалы шығыны ($q_{ос}$) қопсыту зарядына қарағанда 30 % кем. Осыған қарап төмендегі формуланы жазуға болады.

$$q_{OC} = k_0\left(3 + \sqrt{f}\right); \qquad (4.17)$$

мұндағы $q_{ос}$ – ашық жұмыс скважиналарындағы жарылғыш заттың салыстырмалы шығыны, кг/м$^3$;

$к_0$ – пропорционалдық коэффициент ($к_0$ = 0,07 – 0,1);

$f$ – таужыныстарының беріктік коэффициенті.

## 4.2. Оқтаманы от пілтелік арқылы жару

Кен өндірісінде оқтаманы от пілтелік электр тогы (электрлік) және дүмпіткі шнур арқылы жаруға болады. Төменде осы тәсілдердің әрқайсысын жеке-жеке талдаймыз.

*Отпен* жару үшін – капсюль-дүмпіткіш пен от жүргізгіш шнур қолданылады. Жару кезінде от – шнурдың ішімен капсюль-дүмпіткішке келеді де, алдымен бірінші, одан кейін екінші дүмпіткішті жарады. Капсюль-дүмпіткіштің жарылысынан, негізгі заряд атылады.

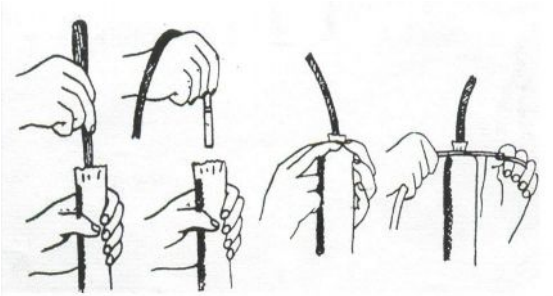
От арқылы жарған кезде орындалатын жұмыстар төмендегілер:

а) тұтандырғыш трубканы жасау; ә) патрон боевикті жасау; б) шнурларды оқтау және тығындау; в) от жүргізгіш пілтені жағу.

Тұтандырғыш түтік дегеніміз − капсюль-дүмпіткіш пен от жүргізгіш шнурдың қосындысы. Тұтандырғыш трубканы жарылғыш зат қоймасы жанындағы арнаулы бөлмеде жасайды. Бұл жұмыс киіз немесе резина төселген үстелде істеледі. Алдымен от жүргізгіш шнурды бақылап қарап, оны арнаулы бөлшектерге (2-3 м) кеседі. Содан кейін темір саймандарды столдан алады да, столға (жалпы саны жүзден аспайтын) капсюль-дүмпіткішті әкеледі. Тұтандырғыш трубканы жасардан бұрын, капсюль-дүмпіткіштің әрқайсысын жақсылап қарап, ақауы барларын бөлек шығарады. Барлық дайындық жұмысы біткеннен кейін, шнурдың бір ұшын капсюль-дүмпіткіштің аузына кіргізеді де, шнурды кейін кетпестей етіп жақсылап бекітеді.

Егер капсюль-дүмпіткіштің гильзасы металдан (мыс не алюминийден) жасалған болса, онда от жүргізгіш шнурды бекіту үшін арнаулы қышқаш болмаса, капсюль кіргізетін камерасы бар қауіпсіз приборлар қолданылады. Шнурды бекіту үшін гильзаның ауыз жақ тұсынан (аузынын 5 мм жерден) қысу керек. Металл гильзалы капсуль-дүмпіткіштен тұтандырғыш трубка жасау жолдары көрсетілген.

Капсюль-дүмпіткіштің гильзасы қағаздан (картоннан) жасалса, онда шнурды бекіту үшін капсуль-дүмпіткіштің ауыз тұсын (аузынан 10 мм жерден) жіппен буу керек.



4.1-сурет. Патрон-боевикті дайындау

Қағаз гильзалы капсуль-дүмпіткіштен істелінген тұтындырғыш трубканың кесіндісі мен сырт көрінісі 4.1-суретте көрсетілген.

Тұтандырғыш трубканы жасаған кезде шнурдың бірінші инициаторын жауып тұрған қақпақшаға толық жетуін қадағалау керек.

Патрон боевиктер жұмыс орындарында (тура забойдың өзінде) шпурларды зарядтар алдында жасалады. *Патрон боевик* дегеніміз − тұтындырғыш трубка мен жарылғыш зат патронының қосындысы. Мұны жасау үшін жарылғыш заттың бір патронын алады да, оның бір жақ ұшындағы орағыш қағазын ашып, капсуль сиярлық қуыс жасайды. Содан кейін осы қуысқа тұтындырғыш трубканы салып, патронның қағазын от жүргізгіш шнурдың маңайына жинап, патронның аузын жіппен буады. Патрон-боевикті дайындау жұмысының сатылары 4.1-суретте көрсетілген.

Отпен жару − шпуралық зарядтар үшін ғана қолданылады. Шпурды зарядтау және забойкалау әдістері келесі тарауда беріледі.

От жүргізгіш шнурды (яғни, тұтандырғыш трубканы) арнаулы білтемен жандырғыш шырақ немесе от жүргізгіш

шнурдың кесінділері арқылы тұтатуға болады. От жүргізгіш шнурдың кесінділері арқылы тұтату, өте жиі қолданылады. Бұл әдіс бойынша тұтандырғыш трубканы тұтату, төмендегідей жүзеге асырылады. Ұзындығы 40–60 см от жүргізгіш шнурды кесіп алып, әрбір 3 см сайын, диаметрін тереңдігі 2/3 шамасындай етіп үзік жасайды. Жару мезгілінде осы үзік шнур бір ұшынан жағылады. От келесі кесікке жеткенде жанып болған кесікті төмен бүгіп, жаңа кесіктен шашыраған ұшқынмен, шпурдан шығып тұрған от жүргізгіш шнурдың (тұтандырғыш трубканың) ұшын тұтатады. Келесі кесік арқылы, келесі шпурдан шығып тұрған от жүргізгіш шнур тұтатылады. Әрбір шнурды жағуға 3 сек жеткілікті, осыған сәйкес әрбір кесіктің ұзындығы 3 см болады.

Жару жұмысын жүргізген кезде сақтық ережелері бойынша, жеке-жеке жағу арқылы бір забойда 16 шпурды ғана жаруға болады. Егер забойдағы шпурдың саны 16-дан көп болса, онда ол жүргізгіш шнурды топтап жағу әдісін қолданған жөн.

Тобымен жағу әдісі − тұтандырғыш патронды қолданумен жүзеге асырылады. Алдымен шпурды шығып тұрған от жүргізгіш шнурларды 5.8-суретте көрсеткендей етіп, сатылап жинайды. Ең алдымен жарылатын ұңғы (врубтық) шпурлардың шнурларын ұзынырақ алу керек. Екінші кезекте, аттырылатын шпурлардың шнурларын алғашқы шнурлардан 4–5 см шамасындай кейін салу керек. Сөйтіп, жару кезегінің саны қанша болса, шнурды жинау сатысының саны да сонша болады. Осы тәртіппен жиналған шнурларды екі жерден байлайды да, осы байлаудың екі арасын пышақпен кеседі. Шнурлардың сатылы үш жағын лақтырып тастап, шпурлармен байланысты жағын тұтандырғыш патронға кигізеді. Содан кейін патронның ауыз жағын 5.1-суретте көрсетілгендей, жіппен буады.

Тұтандырғыш патрон − картон қағаздан жасалған стакан. Бұл стаканның түп жағында оқ-дәріден жасалған шелпек (лепешка) орналасқан. Жару кезінде арнаулы қысқа шнур арқылы осы оқ-дәрілік шелпекті жағады. Ал шелпекпен, патрон ішіндегі барлық шнурлар тұтандырылады. Шнурлар жақсы тұтану үшін олардың ұшын оқ-дәрілік шелпекке тигізіп,

сусымайтындай етіп жақсылап байлау керек. Шнурлардың санына қарай тұтандырғыш патрондардың ішкі диаметрі әр түрлі болады. Шнурлардың саны 7-ден аспаса, патрон диаметрі 20 мм болады; 8–12 шнурларға патрон диаметрі 24 мм болуы керек; 13–19 шнурларға–30 мм; 20–27 шнурларға – 35 мм; 28-30 шнурларға – 40 мм диаметрлі патрондар қолданылады.

Соңғы кезде тұтандырғыш патрондарды электр арқылы жағып, жаңа (от, электр арқылы) жару әдісін қолданып жүр. Бұл әдіспен жару үшін көрсетілген арнаулы тұтандырғыш патронды қолдану қажет. Мұнда патрон электр тогы жүргенде, қызатын арнаулы спиральмен (мостик) жағылады. От және электр арқылы жару әдісін, төменнен жоғары қарай қазбаларды жүргізгенде пайдалануға болады.

Отпен жару тәсілі ашық және жер астындағы жұмыстарда шпурлық зарядтарды жаруға қолданады. Газ бен шаңнан қауіпті шахталар мен тік қазбаларды (шахта стволын) қазғанда, от арқылы жару тәсілін қолдануға болмайды.

Жатық және көлбеу қазбаларда жару − от тәсілімен жүргізілгенде, ені (көлденең) 5 м-ден кем забойда шнурларды жағу жұмысы бір жарушыға ғана рұқсат етіледі. Ал шнурларды жеке-жеке тұтатқан кезде бір жарушыға 16 шнурдың ұшын жағуға рұқсат етіледі. Егер забойда шпурлардың саны 16-дан артық болса, онда тұтандырғыш патрондарды пайдалану керек. Бір забойда 6 патронға дейін қолдануға рұқсат.

Ені 5 м-ден астам забойда (камераларда) шнурларды жағу үшін екі жарушының жұмыс істеуіне рұқсат етіледі. Бұл жағдайда жарушының біреуі жоғары дәрежелі болады да, екіншісі оған бағынады.

Ашық жұмыстарда көп (5-тен астам) шнурларды жаққан мезгілде бақылау трубкасын қолдану керек. Бақылау трубкасы (контрольная трубка) дегеніміз − кәдімгі тұтандырғыш трубка, бірақ оның шнуры басқалардан (шпурдағы ең қысқа шнурдан) 60 см қысқа болып келеді. Бақылау трубка ең алдымен жағылып, зарядтан 5 м жерге тасталады. Содан кейін, шпурмен байланысты шнурлардың ұшы жағылады. Бақылау трубкасы

жарылған кезде жұмыстың бітіп-бітпегеніне қарамай, барлық жарушылар қауіпсіз жерге барып тығылулары керек.

От арқылы жару тәсілінің пайдалы жағы мыналар: а) орындалуының оңайлығы мен жылдамдығы; ә) жару кезектерін іске асырудың оңайлығы (шнурдың ұзындығы немесе бұрын-соңды жағу арқылы).

Отпен жару тәсілінің кемшілігі: а) бұл тәсіл ең қауіпті тәсіл (өйткені, зарядтарды тұтатқан кезде жарушы забойда болады); ә) от жүргізгіш шнурлар жанғанда, біршама улы газдар шығады.

Тік және $35^0$-тан астам көлбеу қазбаларды жүргізгенде, скважиналық және камералық зарядтарды жаппай жарғанда, газ бен шаңнан қауіпті шахталарда отпен жару тәсілін қолдануға болмайды. Бұл жағдайда электрмен жару тәсілі қолданылады.

## 4.3. Электрлік жару

**Жалпы түсінік.** Электрмен жарғанда – электрдүмпіткіштер, электр тогын беретін машинкалар (жару машинкалары), өлшегіш приборлар және электр тогын жүргізетін желілер (сымдар) қолданылады.

Бұл тәсілмен жарғанда электр тогы сымдар арқылы электрдүмпіткіштің мостигіне (қыл спиральға) келеді. Одан кейін мостик қызып, өзінің маңайындағы тұтандырғыш дәріні (составты) жандырады. Сонан соң от ұшқыны бірінші инициаторды аттырады да, одан екінші инициатор жарылып, барлық зарядты детонацияландырады.

Ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижесі бойынша, қазір қолданылып жүрген электрдүмпіткіштің мүлтіксіз жаруға, өзгермелі электр тогын қолданған кезде де ток шамасы – мостик константаннан жасалғанда 2,5 А, мостик нихромнан жасалғанда, 1,5 А болу керек.

Электрдүмпіткіштерді жаруға шамасы келмейтін (қауіпсіз ток) А.И. Лурье мен М.И. Озернойдың зерттеуі бойынша ток 0,3–0,5 А шамасында. Іс жүзінде өлшегіш приборларда қолданылатын қауіпсіз ток 0,05 А (50 мА) шамасынан аспайды.

Электрмен жарған кезде төмендегідей дайындық жұмыстарын жүргізу керек: а) электрдүмпіткіштердің сапасын тексеріп, оларды іріктеу; ә) сымдардың ішкі өзегі мен изоляцияларының (сыртқы қабықтарының) түзіктігін байқау; б) электр тогын алатын жерді дайындау.

Дайындық жұмысы біткен соң, негізгі жұмыстар басталады. Олар мыналар: а) патрон боевикті дайындау; ә) электр жару тармақтарын монтаждау (құрастыру); б) қауіпсіздік ережелерін орындай отырып, жару сетіне ток жіберу (жару).

*Дайындық жұмыстары.* Электрдүмпіткіштердің сапасын тексеру және олардың токқа тегеуірінділігі жағынан іріктеу, қойма жанындағы арнаулы камерада (бөлмеде) істеледі. Жару жұмыстарындағы сақтық ережелері бойынша бір забойда (бір тізбекте) қолданылатын электрдімпіткіштердің токқа тегеуірінділігі арасындағы айырма 0,3 А (константандық мостиктерге), 0,5 А (нихромдық мостиктерге) шамасынан аспау керек.

Электрдүмпіткіштердің сапасын тексеруде оның сымдарының, мостиктерінің жақсы ток жүргізетіндігіне көз жеткізу керек. Бұл жұмыс арнаулы прибор (жару мостиктері) арқылы жүргізіледі. 3.12-суретте электр арқылы жарғанда қолданылатын приборлар көрсетілген. Мұнда жару кезіндегі байқау машинасы вио-3 (3.12а-сурет) арқылы цептің (электрлік жалғастардың) үздіксіз екенін байқауға болады. Бұл прибормен жұмыс істеу үшін клеммаларға электрдетонатормен (не бірнеше электрдетонатормен) байланысты екі сымды (проводникті) прибордың сол жақ үстіндегі клеммаларға әкеп бекітеді. Содан кейін, прибордың оң жақ жанындағы тетікті (рукоятканы) сырт еткенге дейін айналдырады, ол сырт еткенде, прибордың ішіндегі пъезоэлементін (кварц кристалын) арнаулы соққы ұрады. Соның салдарынан пъезоэлементте ток пайда болады. Егер электр жалғастары үздіксіз болса, онда прибордың оң жақ үстіндегі әйнекше арқылы неон шамы (шамның) жарқ етіп от бергенін байқаймыз. Егер неон шамы жанбаса, онда электр жалғастарының бір жерінде үзіліс болғаны.

Сызықтық мостик ЛМ-48 (3.12ә-суретте) уистон мостигіне ұқсас. Бұл прибормен жұмыс істеу әдісі төмендегідей:

1) электрлік жалғастардан келген сымдарды клеммаларға (4) жалғастырып бекітеді; 2) қосқышты (6) «запал» (жалғыз электрдетонатордың электрлік бөгетін өлшегенде) немесе «линия» (бірнеше электрлік жалғастардың бөгетін өлшегенде) жағдайларында қойылады; 3) гальванометрдің тілі нөлдік жағдайға әкелінеді; 4) өлшегіш кнопка басылады (бұл уақытта стрелка оңға, не солға қарай ауысады); 5) шкаланы айналдырып стрелканы (нұсқағышты) алғашқы жағдайына, нөлге әкеліп қояды; кнопканы босатып, шкала бойынша электр кедергісінің өлшенген мөлшерін алады.

ЛМ-48 прибормен сыртқы шкала арқылы («запал») 0,2–50 омдық, ал ішкі шкала арқылы («линия») 20–5000 омдық электрлік бөгеттерді өлшеуге болады. Егер 5000 омға келгенде стрелка оңға қарай ауысатын болса, онда электр жалғастарының бір жерінде үзіліс болғаны. Егер 0,2 Омға келгенде стрелка солға қарай ауысса, онда электрлік жалғастарда төтесінен қосылыс (короткое замыкание) бар.

Электр арқылы жарғанда үш түрлі сымдар қолданылады:

а) электрдетонатормен байланысты артқы (концевые) екі сымдар, бұлардың диаметрі 0,5 мм, ұзындығы 1,5-2,5 м; ә) жалғастырғыш сымдар, бұлардың диаметрі 0,6–0,8 мм; б) магистральдық сымдар, олардың көлденең кесіндісінің аумағы 0,75 мм$^2$ кем болмауы керек; камералық және скважиналық зарядтарды жарғанда бұл аумақ 1,5 мм$^2$ кем болмайды.

Жару жұмысында қолданылатын сымдардың сырты резиналық не полихлорвинильдік изоляциялармен жабылуы қажет. Қолданар алдында сымдарды приборлармен тексеру керек. Сымдардың өзегінің түзіктігін байқау үшін олардың электрлік бөгетін өлшеген жөн. Өлшенген электрлік бөгеттің шамасы, оның құжатындағы көрсеткіштерге немесе төмендегі формуламен есептелген мөлшерге сай болу керек.

$$R = \rho \frac{4l}{\pi d^2}.$$

мұндағы $r$ − проводтың электірлік бөгеті, ом;

$\rho$ − салыстырмалық электрлік бөгет (мыс − 0,0175, ал

алюминий үшін 0,028 (ом*мм$^2$/м);

$l$ − проводтың ұзындығы, м;

$d$ − проводттың диаметрі, мм.

Жаруға керекті электр тогын электрстанция бекетімен байланысты сымдар не арнайы жарғыш машинкалар арқылы алуға болады. Ал қазір қолданылып жүрген жарғыштар − *динамоэлектрлік* және *конденцаторлық* болып, негізгі екі түрге бөлінеді.

*Динамометрлік жару* − машинкалар якорь статордан немесе якорь айналдырғыштардан (кілт пен пружиналардан) тұрады. Статормен екі электромагнит байланысты. Осы электромагниттердің арасында якорьді айналдырған мезгілде мұның обмоткасында электр тогы пайда болады. Алдымен ток электромагниттерді күшейту үшін пайдаланылады, содан кейін (күш арнаулы мөлшерге жеткен уақытта) электродетонаторға жіберіледі.

Конденсаторлық жару машинкаларының жұмыс істеу тәртібі төмендегідей. Өте аз электр токтарын біртіндеп конденсаторға жинайды (конденсаторды зарядтайды). Содан кейін жиналған токтың шамасы арнаулы мөлшерге жеткенде, ток өте тез (жылдам) электродетонаторға жіберіледі. Ал аз ток шығаратын құрылғыны (генератор, батарея, т.б) пайдаланып, өте күшті электр тогын алуға болады. Күшті токтың әсер ететін уақыты аз болғанымен, ол жаруға жеткілікті. Осы аз уақыт ішінде электрдүмпіткіштің мостигі қызып үлгереді.

Конденсаторлық машинкаларда ток 3 м/сек ішінде электрдүмпіткішке беріліп болды. Сөйтіп, жандырғыш импулльстің (воспламенительный импульс) әсер ететін уақыты 3 мл/сек аспайды. 6-кестеде қазір қолданылып жүрген жару машинкаларының сипаттамалары берілген. Шаң мен газдан қауіпті шахталарда 6-кестеде көрсетілген машинкалардың үшеуінен (ПМ-1, ПМ-2, КПМ-2) басқаларының бәрін қолдануға болады.

Негізгі жұмыстар, патрон боевикті жасаудан басталады. Скважиналық, камералық зарядтарды жарғанда, патрон боевиктер зарядтардан 50 м, күні бұрын дайындалған жерде

жасалады. Шахта стволын жүргізудегі шпуралық зарядтарға керекті патрон боевиктер, арнаулы (жер үстінде стволдан 100 м қашықтықта) будкада жасалады.

Электрмен жарғандағы патрон-боевиктерді жасау жолдары 4.1-суретте көрсетілген. Мұнда электрдүмпіткіш патроннан шығып кетпеу үшін, патронның сыртын сымдармен орап байлайды. Сыртта жасалған патрон-боевиктерді арнаулы сумкаға салып, стволға түсіреді.

6-кесте

Жару машинкалары

| Жару машинкалары | Сыртқы электрлік жалғастар кедергілерінің шамасы, Ом | Жандырғыш импульс шамасы, $10^{-3}$ $a^2$/сек | Импульстің электрлік кернеу шамасы, В | Конденсатордың сыйымдылығы, мкф | Бір рет атқылатын (тізбектеліп жалғастырылған) электрдүмпіткіштердің саны | | Машинканың салмағы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Мостигі константан болғанда | Мостигі нихром болғанда | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ППм-1 | 130 | 3,3 | 240 | - | 50 | - | 7,0 |
| ППм-2 | 80 | 2,2 | 120 | - | 25 | - | 2,5 |
| Вмк-3/50 | 55 | 50 | 450 | 40 | 50 | - | 4,2 |
| | 300 | 3 | ” | ” | 100 | - | ” |
| Вмк-1/35 | 55 | 50 | 400 | 10 | 25 | - | 2,2 |
| | 160 | 3 | ” | ” | - | 50 | ” |
| Вмк-1/100 | 55 | 50 | 600 | 8 | 50 | - | 2,4 |
| | 300 | 3 | ” | ” | - | 100 | ” |

6-кестенің жалғасы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В Вма-100/300 | 110 | 50 | 600 | 30 | 100 | - | 2,5 |
| | 700 | 3 | ” | ” | - | 300 | ” |
| Бквм-1/30 | 90 | 3 | 120 | 120 | 30 | - | 1,9 |
| Бквм-1/50 | 55 | 50 | 450 | 40 | 50 | - | 3,9 |
| | 250 | 30 | ” | ” | - | 80 | ” |
| А Аввим-1/20 | 70 | 3 | - | 40 | 20 | - | 5,8 |
| Кпм-2 | 120 | 50 | 1500 | 6 | 100 | - | 7,8 |
| | 1000 | 3 | ” | ” | - | 300 | ” |

Электрлік жару тармақтарын (жалғастарын) монтаждаудан (құрастырудан) бұрын, электрдүмпіткішті забойға әкелген мезгілден бастап, участокқа ток жіберуді тоқтату керек. Жару жұмыстары біткенше бұл участокта электровоздың жүруіне де рұқсат жоқ. Бұл шаралар, электрдетонатордың қапылыста адасқан (блуждающий) токтан жарылып кетпеуі үшін қажет.

Магистральдық және жалғастырғыш проводтарды монтаждау, шпурларды зарядтаудан бұрын жасалады. Зарядтау кезінде бұл проводтардың ұштары төтесінен тұйықталады (замыкается накоротко). Зарядтау біткеннен кейін тұйықталып тұрған проводтарды бір-бірінен ажыратып, электрлік жару тармақтарын жасайды.

Электрлік жару тармақтарын жасауда негізгі үш түрлі жалғас әдістері қолданылады. Бұлар − тізбекті (последовательный), параллельдік (қаз-қатар) және аралас (смешанное) жалғастар.

*Тізбекті жалғаста* − детонаторлар бірімен-бірі тізбектеліп жалғасады да, ең бірінші және ең соңғы электрдүмпіткіштің шеткі сымдары, жалғастырғыш сымдар арқылы магистральдық сымдармен байланысады.

*Параллельдік-магистральдық* сымдарға әрбір электрдүмпіткіштер өз бетімен жеке-жеке жалғасады.

*Аралас жалғастар* − негізгі екі түрге бөлінеді. Мұнда, алдымен тізбектеп жалғап, артынан параллельдік жалғастарды қолданып, содан соң тізбектеп байланыстыруға болады.

Электр арқылы жарғанда токтың шамасын төмендегі формула арқылы есептеуге болады.

$$I = \frac{E}{R_м + \frac{r \cdot n}{m}}; \qquad (4.18)$$

мұндағы $j$ – жалғастағы ток шамасы, *а*;

$e$ – ток кернеуі, в;

$r$ – магистральдық проводтардың кедергісі, Ом;

$r$ – электрдүмпіткіш пен оны жалғастырғыш сымның кедергісі;

$n$ – тізбектеліп жалғасқан элементтердің (электродетонатордың), саны;

$m$ – параллельдік элементтердің саны.

Әрбір электрдүмпіткіштен өтетін токтың шамасы ($i$) төмендегідей:

$$i = \frac{I}{m}. \qquad (4.19)$$

Электрдүмпіткіш мүлтіксіз жарылуы үшін әрбір электрдүмпіткіштен өтетін ауыспалы (переменный) токтың шамасы төмендегідей болу керек: а) константандық мостигі бар детонаторларда ≥ 2,5 *а*; ә) нихромдық мостигі бар детонаторларда ≥ 1,5 *а*.

Электр тогының көзі (жару машинкасы, рубильник, т.б.) қауіпсіз жерде, кілтпен жабылатын жәшікте, кілт жаруға жауапты кісінің қолында болғаны жөн.

Жарардан бұрын арнаулы мостик арқылы электрлік тізбектердің жалпы кедергісін өлшеу қажет. Егер өлшеп табылған электрлік кедергінің шамасы, есеп бойынша табылған кедергі мөлшерінен 10 %-дан артық айырмашылық беретін болса, онда электрлік жалғастардың бір жерінде қате болғаны. Онда магистральдық сымдарды қайтадан тұйық

байланыстырып, электрлік жалғастардағы кемшілікті жою керек. Мысалы, сымдардың жалғасқан ұштарын әбден жақсылап тазартып, оны резинкамен орамау – жалпы кедергіні көбейтуі мүмкін. Егер желілер төтесінен жалғасып кейбір жалғастар бөлініп қалса, жалпы электрлік кедергі азаяды.

Электр арқылы жарудың артықшылығы: а) бұл әдіс онша қауіпті емес, өйткені жару кезінде забойда ешкім болмайды; ә) жарардан бұрын электрлік жалғастырудың сапасын приборлармен байқауға болады; б) зарядтарды әр түрлі жағдайларда (біржола не кешеуілдетіп) жаруға мүмкіншілік бар.

Кемшіліктері мыналар: а) жару жұмыстары (басқа тәсілдерден гөрі) қиынырақ; ә) жару құралдары қымбат.

## 4.4. Дүмпіткі бау арқылы жару

Детонациялаушы шнурмен жару, ең қауіпсіз тәсіл болып есептеледі. Өйткені бұл тәсілмен жарғанда зарядтың (скважинаның) ішіне капсюль-детонатор немесе электродетонатор салынбайды, тек шнурдың зарядқа салынатын ұшын бір-екі рет түйе салады. Сол себепті, детонациялаушы шнурмен жару тәсілін − *«капсюльсіз жару» тәсілі* деп атайды.

Зарядтан тыс шнурдың екінші ұшын, магистральдық шнурларға жалғап, жару тармақтарын жасайды. Бұл жару тармағы магистральдық шнурдың бір ұшында (10−15 см жерде) орналастырылған электрдетонатор немесе капсюль-детонатор арқылы жарады.

Жару тармағын (жалғастарын) жасау үшін шнурдың зарядтан шыққан ұштарын магистральдық шнурмен қосу керек. Шнурларды бір-бірімен қосу тәсілдері 3.10-суретте көрсетілген. Бұлардың ішіндегі ең жиі қолданылатыны «жапсырма» (внакладку) тәсілі (3.10в-сурет). Детонациялаушы шнурлардан жасаған жарулық жалғастар (тармақ) 3.10 г-суретте берілген.

Магистральдық сызыққа біртіндеп скважинадан шығып тұрған шнурлардың бәрі де қосылады. Оның ұзындығы 25 м-ден аспайды.

Детонациялаушы шнурмен жару тәсілі көбінесе скважиналық зарядтарды жарғанда, әсіресе ашық жұмыстарда қолданылады.

Таужыныстарын жақсылап ұсату үшін сәл кешеңдетіп жару әдісі пайдаланылады. Детонациялаушы шнурды қолданған кезде сәл кешірек жаруды жүзеге асыру үшін, пиротехникалық 58-реле колданылады. Релемен 4 саты кешеңдеулік алуға болады: 10 м/сек*;* 20 м/сек; 35 м/сек*;* 50 м/сек..

Реле қағаздан жасалған трубкадан (1), бұл трубканың ішіндегі капсюль-детонатор (2) мен пиротехникалық кешеңдеткіштен (3) тұрады. Бұлар трубкада арнаулы фиксатормен (6) бекітілген. Трубканың екі жақ ұшына алюминийден жасалған қалпақтар (4) арқылы детонациялаушы шнурдың екі қысқа бөлшектері (5) бекітілген. Бұл шнурлардың біреуінің ұзындығы 15 см, екіншісінің ұзындығы 35 см. Трубканың сыртында реленің неше мл/сек кешеңдік беретіндігі және детонацияның қалай қарай жүретіндігі стрелка арқылы көсетілген.

Жару мезгілінде реле екі ұшындағы шнурлары арқылы детонациялаушы шнурлардың тармақтарына қосылады. Шнурлардың жалғасуы жалпы тәртіп бойынша, ұштары 10 см-ден артығырақ қатарласып байланысады. Бұл релелерді бір-бірімен (өзара) жалғастырып, сыртында көрсеткеннен гөрі, көбірек кешеңдік алуға болады. Алыстан жаруға мүмкін болғандықтан, заряд ішінде капсюль-детанатор болмағанда, детонациялаушының шнурмен жаруы ең қауіпсіз тәсіл болып саналады.

Детонациялаушы шнур қымбат, бірақ үлкен (скважиналық және камералық) зарядтарды жарғанда, оның 1м$^2$ ұсақталған таужынысына келетін құны онша көп болмайды.

## 4.5. Жару жұмыстарын ұйымдастыру

Скважиналық зарядтарды жаппай жару, шахтыдағы ең жауапты жұмыс болып есептелінеді. Ең алдымен жаппай атқарудың диспозициясын, былайша айқанда, жобасын жасайды. Бұл диспозиция жоғарғы орындармен (трест, комбинат, т.с.с.) бекітіледі және Госгортехнадзор ұйымдарының «қарсы емеспіз» деген келісімі алынады. Ал жер астындағы көлденең және жоғары қарай бұрғыланған скважиналар, патрондалған жарылғыш зат арқылы зарядталады. Патрондарды скважинаның ішінде орналастыру үшін әр түрлі зарядтағыштар

қолданылады. Көбінесе бірнеше бөлшектен тұратын ағаш забойник пайдаланылады. Забойниктің әрбір бөлшегінің ұзындығы 1,5−2 м. Забойниктің ең бірінші бөлшегінің түбіне, мықты жіңішке арқан байланады.

Зарядталған мезгілде алдымен скважинаға 4−5 патрон, содан кейін забойниктің арқан байланған бірінші бөлшегі салынады. Сосын забойниктің жай бөлшектері салынып, патрондар скважинаның түбіне жеткізіледі. Забойник бөлшектерін скважинадан шығарып алу үшін, бірінші бөлшекпен байланысты арқанды тартса болғаны. Забойник шығарылып болған соң, әлгі жолмен скважинаға келесі патрондар жіберіледі.

Оқтамаларды жару үшін әрбір скважинаға бірінші патронға детонациялаушы шнурды байлап, қатарынан екі детонациялаушы шнурды жібереді. Зарядтап болғаннан кейін, бір бұрғылау камерасының ішіндегі шнурлардың скважиналардан шығып тұрған ұштары бір жерге жиылып жіппен буылады да, жару кезегімен байланыстырылады. Әскери түйін, 1−2 кг жарылғыш зат пен 2 электрдүмпіткіштен тұрады. Әскери желідегі электрдүмпіткіш жалпы электр жару жалғасына қосылып, сырттағы және аралық мина станцияларымен байланысады.

Электрдетанаторларды жарардан бұрын, участокқа берілетін электр тогы тоқтатылады. Шахта ішіне оларды тасығанда және зарядтау мезгілінде электрдетанатор сымдарының ұшы бір-бірімен жалғасып, тұйықталуы керек.

Жару жалғастарын монтаждағанда детонациялаушы шнурдың дұрыс жатуын қадағалап отыру қажет. Шнурлар өте бүгілмеуі және еш жерде түйін болмауы тиіс. Шнурдың бір-бірімен байланыстары, жарылыс толқынының жүруіне бөгет жасамағаны жөн.

Скважиналық зарядтарды жаппай жарардан бұрын, барлық жұмыскерлер шахтадан шығарылады. Жұмыскерлерлердің шахтадан толық шығарылғаны туралы, шахта бастығы жару жұмысын меңгерушіге қағаз жүзінде хабарлауы керек. Тек содан кейін ғана жару жалғастарына ток жіберу туралы бұйрық беріледі. Жаппай жару жұмысын ұйымдастыру − өте маңызды, аса жауапты жұмыс. Сондықтан, диспозиция жасаудың жалпы сарынын барлық инженерлер жақсы білулері керек.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Мосинец В.Н.* Энергетические и корреляционные связи процесса разрушения пород взрывом. - Фрунзе, 1963.- 233с.

2. *Власов О.Е.* Основы теории действия взрыва.- М.: 1957.- 408 с.

3. *Баум Ф.А., Станкевич К.П., Шехтер В.И.* Физика взрыва. - М.: 1959.

4. *Баум Ф.А.* К вопросу оценки эффективности действия взрыва зарядов с воздушными промежутками: //Взрывное дело. - М.: 1964. - С. 48–52.

5. *Баум Ф.А.* Процессы разрушения горных пород взрывом // Взрывное дело. – М.: 1963. № 52.(19).- С. 262-285.

6. *Мельников Н.В., Марченко Л.Н.* Энергия взрыва и конструкция заряда. – М.: 1964. – 138 с.

7. *Краловецкий М.И.* Опыт взрывных работ с применением воздушных промежутков //Взрывное дело. Управление действием взрыва. - М.: 1964. № 54(11).

8. *Радионов В.Н.* К вопросу о повышении эффективности взрыва в твердой среде. - М.: 1962.

9. *Игбаев Т.М.* Өнертабысқа берген патент. «Таужыныстарын бұзу және оны жүзеге асырғыш». ҚР., 1995 .

10. *Игбаев Т.М.* Өнертабысқа берілген патент. «Тау жынысын бұзатын скважиналық қопарғыш». ҚР. 1994 .

11. *Игбаев Т.М.* Өнертабысқа берілген патент. «Қатты жыныстарды бұзуға арналған жарылғыш құрылымы». ҚР., 1995.

12. *Игбаев Т.М.* Өнертабысқа берілген патент. «Жарылғыш заттардың зарядын жаруға арналған құрылғы». ҚР., 1993.

13. *Игбаев Т.М.* Патент №1533451. РФ., «Способ формирования заряда ВВ». 1988 г.

14. *Барон Л.И., Кантор В.Х.* Техника и технология взрывных работ в США. – М.: 1989.- 396 с.

15. *Игбаев Т.М.* Разрушение горного массива кумулятивными зарядами //Монография. – Алматы, 1998. 10 с.

16. *Светлов Б.Я., Яременко Н.Е.* Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. - М.: 1966.

17. *Кук М.А.* Наука о промышленных взрывчатых веществах. - М.: 1980. 453 с.

18. *Сухаревский М. Я., Першаков Ф. А.* Курс теории взрывчатых веществ. Госхим - техн. изд - во, 1932.

19. *Игбаев Т.М., Данияров Н.А.* Патент № 23622 РК «Способ разрушения горных пород высокочастотным взрывом». 2010.

МАЗМҰНЫ


Алғы сөз ..... 3
1-бөлім. **Жарылыш материалдар**..... 5
1.1. Жарылыс қуатының теориясы ..... 5
1.2. Жарылыс қуатының әрекеттері ..... 11
1.3. Оттекті баланс және жарылыстан бөлінетін улы газдар..... 18
1.4. Жарылыс газдарының санын анықтау..... 21
1.5. Жарылыс жылуын анықтау..... 23
1.6. Жарылыс температурасын анықтау..... 25
1.7. Жарылыс газдарының қысымын анықтау..... 27
1.8. Жарылыстың таралу жылдамдығы..... 30
1.9. Дүмпітудің теориялық аспектілері..... 32
1.10. Жарылғыш заттың қауіпсіздік дәрежесі мен бризанттылығын жұмыс қабілеттілігін анықтау тәсілдері ..... 45
2-бөлім. **Жарылғыш заттар** ..... 52
2.1. Жарылғыш заттардың басты қасиеттері..... 52
2.2. Жарылғыш заттардың сыныптамасы ..... 57
2.3. Жарылғыш химиялық қосылыстар..... 60
2.4. Нитроглицеринді жарылғыш заттар..... 64
2.5. Төмен пайызды нитроглицеринді жарылғыш заттар..... 64
2.6. Аммиактық селитралы жарылғыш заттар..... 66
2.7. Нитроэфирлік жарылғыш заттар..... 79
3-бөлім. **Жарылыс құралдары**..... 85
3.1. Бастауыш жарылғыш заттар..... 85
3.2. Жарылыс құралдары мен тәсілдері..... 87
3.3. От пілтемен жару құралдары..... 95
3.4. Электрлік және электрлік от пілтемен жару әдістері..... 99
3.5. Электр дүмпіткіш теориясынан мағлұматтар..... 101
3.6. Дүмпіткі пілте және басқа жарғыш құралдары..... 103
3.7. Жарылғыш материалдар мен жару құралдарын сынау... 106
3.8. Жарылыс бұйымдарын өлшеу және бақылау құралдары..... 111
4-бөлім. **Оқтаманы жару тәсілдері**..... 119
4.1. Оқтама есебі..... 119
4.2. Оқтаманы от пілтелік арқылы жару..... 125
4.3. Электрлік жару..... 129

4.4. Дүмпіткі бау арқылы жару..... 136
4.5. Жару жұмыстарын ұйымдастыру..... 137
Пайдаланылған әдебиеттер..... 139

Оқулық басылым

**Тасболат Монболұлы Игбаев**

# ЖАРЫЛЫС ҚУАТЫНЫҢ ҚОЛДАНЫСЫ

Оқу құралы

АБОРБ бастығы *З.А. Ғұбайдулина*
Редакторы *К. Мүптекеқызы*
Компьютерде беттеген *А.Н. Оразалиева*

Басуға 26. 12. 2012 ж.қол қойылды

Таралымы 100 дана. Пішімі 60х84 1/16. №1 баспаханалық қағаз. Көлемі 9,0 есепті-баспа табақ. Шартты б.т. 8,4. Тапсырыс № Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы, Ақпараттық- баспа орталығы, Алматы, Ладыгин көшесі, 32

ISBN 978-601-228-308-2

