СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

SATBAYEV UNIVERSITY

MIN4421 «Таужыныстарын жарылыспен бұзу» пәнінен

«6B07205» – «Тау-кен инженериясы» мамандығы студенттеріне арналған

11-дәріс. «Жарылғыш зат оқтамдары жарылысының қопарғыштық, сейсмикалық және ауалық әсерлері».

Оқытушы: Алменов Талгат Макулбекович, техн.ғыл.канд., «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры

Эл.почта: T.Almenov@satbayev.university

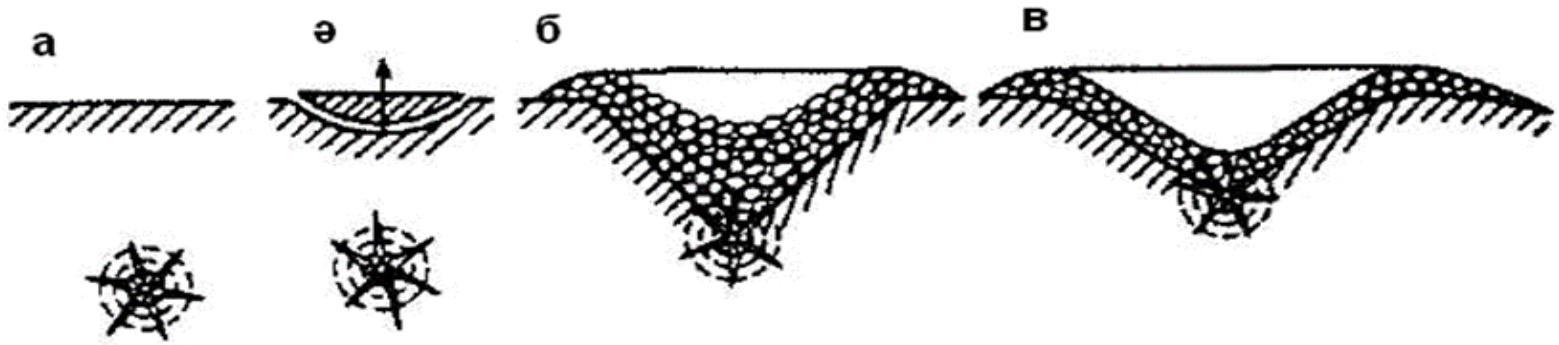
Негізгі түсініктер. Жер қойнауындағы минералды шикізатты жерасты және ашық әдістермен өндіру, жерасты қазбаларын жүргізу, басқа да құрылыстарда таужыныстарын қопару үшін қолданылатын ЖЗ оқтамдары мына белгілермен топталады [1, 3, 4]:

- **орналасуы бойынша** қопарылатын нысан үстіне орналасатын – сыртқы оқтам (наружный); жарылатын нысанның ішіне орналасатын ішкі оқтам (внутренний) (шпур ұңғыма немесе камера) болып бөлінеді. Сыртқы оқтам көбінесе, ірі кесектерді қопаруға, су асты жарылыстарында, т.б. жағдайларда қолданылады. Ішкі оқтамдар минералды шикізаттарды ұсақтап қопаруға, жерасты қазбаларын қазғанда және жерасты ғимараттарының құрылысында қолданылады;

- **пішіні бойынша** – шоғырланған (сосредоточенный) және созылған (удлиненный) оқтам болып бөлінеді. Созылған оқтамға ұзындығы диаметрінен үш есе және одан артық болатын оқтамдар жатады;

- **құрылымы бойынша** – аралықтармен бөлінбеген біртегіс және аралары әртүрлі заттармен бөлінген ыдыратылған оқтам болып бөлінеді;

- **әсер ету сипаты бойынша** – камуфлетті оқтам (алысқа тармайтын бағыттағыш оқтам) (5.1а-сурет); қопарып түсіретін оқтам (откольный), яғни таужынысы белгіленген жерден қопарылып түседі (откольный) (5.1ә-сурет); қопсытқыш оқтам (таужыныстарын алысқа лақтырмай ұнтақтайды). Шоғырланған оқтам атылысынан, жер бетінде конус тәрізді қопарылған шұңқыр аймақ пайда болады, оны – жарылыс ұрасы (воронкасы) деп атайды (5.1б-сурет); лақтырғыш оқтамды қолданғанда, таужыныстары қопарылып, алысқа лақтырылады (5.1в-сурет).



5.1-сурет. Әртүрлі оқтамдағы жарылыс әсерінің көрінісі:
а – камуфлетті; ә – қопарып түсіретін; б – қопсытқыш; в – лақтыру

Жарылыс ұрасының пішіндері қопарылатын ортаның қасиеттеріне байланысты болады. Жеке шоғырланған оқтамдарды есептейтін кезде жарылыс ұрасының пішінін төңкерілген конус тәрізді етіп қабылдайды.

Жарылыс ұрасының келесі элементтерін атап кетуге болады:

- оқтамның орналасу тереңдігі немесе қысқа қарысу сызығы – оқтам центрінен ең жақын ашық кеңістікке дейінгі арақашықтық (W). Ал бірнеше қатарға орналасып созылған оқтамдарда қысқа қарысу сызығы – қатарлар арасындағы орташа қашықтық;

- жарылыс ұрасының бұрышы; оқтам жарылысының әсер ету радиусы; жарылыс ұрасы табанының радиусы; жарылыс әсерінің көрсеткіші, яғни, $n=r/W=tg\alpha$.

Оқтам орналасқан аймақта жарылыс кезінде соққы толқыны мен газ әсерінен ұсақталу аймағы пайда болады. Осы аймақтың ішінде таужыныстары өте ұсақ кесектерге айналып қопарылады. Ал ұсақталу аймағының сырт жағында таужыныстары құрылымын өзгертпей, жарықшақтанып қопсиды. Бұл аймақты қопсу аймағы деп атайды.

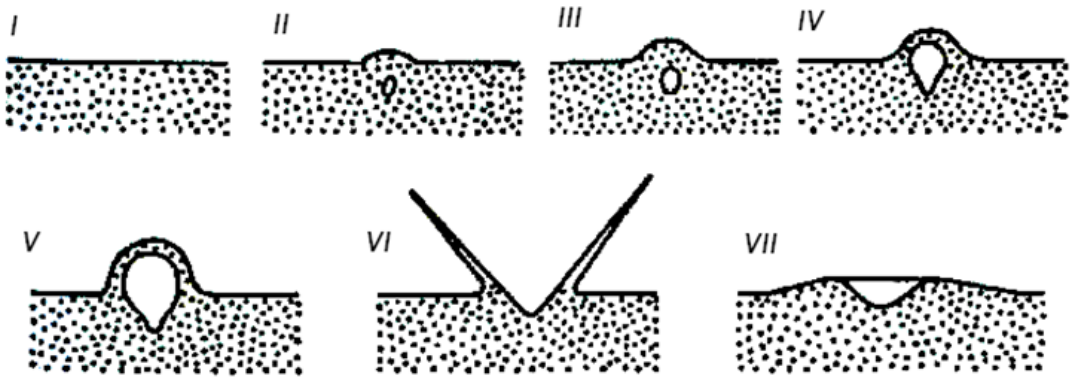
Оқтамнан одан да алыс жерлерде таужыныстары қопарылыссыз тек сілкініске ұшырайды. Бұл аймақты сілкініс аймағы, яғни жарылыстың сейсмикалық әсерінің аймағы деп атайды.

Жарылыс кезінде бөлінетін газдар ауалы соққы толқынын тудырады. Мұндай соққы толқындары қоршаған ортаға, әсіресе, жеңіл материалдардан салынған конструкцияларға әсерін тигізеді. Бұл аймақты – жарылыстың ауалы әсер аймағы деп атайды.

Оқтамдар жарылысының қопарғыштық процесі

Қопарылу процесінің механизмі бойынша барлық таужыныстары үш топқа бөлінеді: топырақ массивтері; қатты тас тәрізді монолитті және қатты тас тәрізді жарықшақты массивтер [1, 2].

Топырақ массивтерді аттырғанда оқтам айналасында жарылыс газдарымен толыған, дөңгелек кеңістік пайда болады. Ол ашық кеңістікке жақындаған сайын оқтамның қысқа қарысу сызығы бойының бағытымен асимметриялы алмұрт тәрізді пішінге ие болады (5.2-сурет). Кеңістік пішінінің өзгеруі массивтің кедергісінің әртүрлі екендігімен сипатталады.



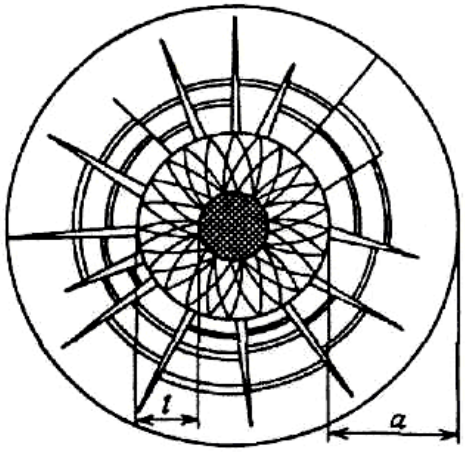
5.2-сурет. Топырақ массиві қопарылысы ретінің көрінісі

Кеңістіктің астыңғы бөлігінде кеңею күрт тоқтайды, ал кеңістіктің жоғарғы бөлігі, топырақ қабатын жұқарта, жербетіне көтере отырып кеңейе береді. Ол кеңею шегіне жеткен кезде жарылады. Содан кейінгі топырақ қозғалысы жеке бөлшектердің баллистикалық ұшуының арқасында орын алады. Ал сол кезде топырақ массасы төмен қарай құлап, ашық ұра пайда болады. Ұраның беткейлері тарамданып, қопарылған таужынысының бір бөлігі ұраның ішіне құлап, ұрада табиғи құлау бұрышы пайда болады.

Қатты тас тәрізді монолитті массивтерді жарылыс күшімен қопарғанда, жарылғыш заттың дүмпу жылдамдығы таужынысының деформация жылдамдығынан айтарлықтай жоғары болады. Соған байланысты таужынысының жоғарғы кеңістігі, жарылыс әсерін бір уақытта, оқтам мен массивтің жанасқан толық алаңының бойымен қабылдайды. Оқтам мен таужынысының жанасқан кеңістігінде дүмпу толқыны жоғары амплитудалы соққы толқынына айналады. Соққы толқынының амплитудасы оқтамнан алыстаған сайын күрт төмендейді. Алыстау арақашықтығы 5–6 оқтам радиусының шамасына жеткенде серпімді кернеу толқынына айналады. Оның таралу жылдамдығы соққы толқынына қарағанда төмен келеді. Бірақ жарылыс толқынының амплитудасы таужынысының мықтылығынан бір неше есе артық болады. Соның әсерінен таужынысының массиві қопарылады. Бұл аймақты ұсақталу немесе жарылыстың пластикалы әсерінің аймағы деп сипатталады. Оның мөлшері шамамен 10–12 оқтам радиусына тең болады. Жарылыс толқыны мен газдарының әсерінен таужынысының массиві сығылып, кернеу толқынының майданының артымен ығысады.

Осыған байланысты күшті деформацияланып, жарықшақтанған таужынысының аймағы пайда болады. Жарылыс кернеуі оқтамнан ары қарай алыстаған сайын оның күші төмендеп, таужынысының қопарылуға кедергісінен аз болып қалады. Мұндай жағдайда таужынысы қопарылмайды [1, 2, 3].

Жарылыстың тура кернеу толқындары мен сығылған газының әсерінен қоршаған ортада, радиалды бағытта – сығушы кернеу, ал тангенциалды бағытта – созушы кернеулер орын алады. Соның әсерінен радиалды жарықшақтар орнығады (5.3-сурет). Жоғары қысымның әсерінен таужынысы деформацияланып, оқтам айналасындағы шартты радиустар кеңейеді Соған байланысты таужынысы радиалды бағытта созушы кернеу аймағына түсіп, онда радиалды жарықшақтар орын алады.



5.3-сурет. Оқтам айналасындағы қатты тас тәрізді монолитті таужыныстарының қопарылу процесі: а – жарықшақтардың пайда болу аймағы; I – ұсақталу аймағы

Қатты тас тәрізді жарықшақты массивтер жарылыс газдарының қысымының әсерінен де, кернеу толқындарының әсерінен де қопарыла береді. Жарылыс газдарының жоғары қысымының әсерінен оқтам камерасының айналасында кеңістік пайда болады.

Массивтің генетикалық және тектоникалық теспе жарықшақтары кернеу толқындарының таралуына және аймақ сыртында қопарылысқа жол бермей, бөлгіш кеңістік ретінде жұмыс істейді. Әрбір жарықшақтың жоғарғы бетінде, оның жарықшақтардан жартылай шағылысуының әсерінен толқында кернеудің секірісті төмендеуі байқалады. Соның әсерінен жарықшақты массивтегі кернеу оқтамнан алыстаған сайын монолитті массивпен салыстырғанда қарқынды төмендейді, ал оқтам жарылысынан пайда болатын жарықшақтардың таралу арақашықтығы аз болады. Оқтаммен жанасатын бөлгіш кеңістіктің сырт жағындағы таужыныстары негізінен механикалық соққының әсерінен қопарылады. Сондықтан таужыныстарының массасында жарылыс газдарының толқындарының және басқада аймақтардың қосымша соққыларының әсерінен бірнеше қопару ошақтары пайда болады.

Б.Н. Кутузовтың болжамы бойынша жарықшақты массивте жарылыс кезінде: толқынды сипаттағы және кинетикалық сипаттағы екі қопарылыс механизмі болады. Осы қопарылу механизмдеріне байланысты жарықшақты массивте екі негізгі: таужыныстарының қалыпты ұсақталу аймағы және ұсақталу дәрежесі реттелмейтін кіші аймақ болады.

Жарылғыш зат оқтамы жарылысының сейсмикалық әсері

Сейсмикалық толқын дегеніміз – көрсеткіштерінің сипаты өзгермейтін қоршаған ортаның серпімді ауытқуы. Сейсмикалық тербелістің таралу аймағы 120–150 оқтам радиусі қашықтығынан басталып, оқтамның жалпы қуатымен анықталады [1, 3, 6].

Сейсмикалық тербелістің таралу аймағында көлемді (ұзына бойғы және көлденең) және үстіртін серпімді толқындар байқалады. Ұзына бойғы толқындар қоршаған ортаны қозғалысқа келтіреді. Сонымен қатар оның бөлшектерінің тербелу бағыты толқынның таралу бағытымен сәйкес келеді. Толқынның бұл түрі басқаларына қарағанда жылдам таралады.

Ұзына бойғы толқын жылдамдығының формуласы:

$$c_n = \sqrt{\frac{Eg(1-v)}{10\rho_n(1+v)(1-2v)}}\ , \text{м/с;} \qquad (5.47)$$

мұндағы Е – серпімділік модулі, МПа;

g – ауырлық күшінің үдеуі, м/с2;

ρп – қоршаған ортаның тығыздығы, кг/м3;

v – Пуассон коэффициенті.

Ұзына бойғы толқындардың таралу жылдамдығы граниттерде 5–6 км/с, әктастарда 2,5–4,5 км/с, құмдарда 0,6–2,6 км/с, суда 1,43 км/с, ауада 0,34 км/с құрайды.

Көлденең толқындар – қоршаған ортаны толқынның таралу бағытына перпендикуляр бағыттағы толқындар тудырады. Көлденең серпімді толқынның таралу жылдамдығының формуласы:

$$c_s = \sqrt{\frac{Eg}{20\rho_n(1+v)}}\ , \text{м/с.} \qquad (5.48)$$

Көлденең толқындардың таралу жылдамдығы, ұзына бойғы толқынға қарағанда аз болады.

Үстіртін пайда болатын толқындар ашық кеңістікпен таралады және олардың бірнеше түрі болады. Релей үстіртін толқынында қоршаған ортаның бөлшектері эллиптикалық орбита бойымен таралады. Бұл толқынның жылдамдығын:

$$c_R = 0,92 c_s \qquad (5.49)$$

деп анықтауға болады.

Сейсмикалық тербеліс, серпімді толқынға айналған бүкіл жарылыс қуатынан пайда болады. Бұл қуат әр түрдегі қалыптасқан толқындардың арасымен таралады. Олар әртүрлі жылдамдықпен таралып, жылдам жеке топтарға бөлінеді. Жарылыстың эпицентрінен алыстаған сайын жерүстінің тербелуі, бір түрдегі толқынның максимальды тербелісінің әсерімен анықталады.

Тербеліс амплитудасы:

$$A = k_1 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^y \qquad (5.50)$$

формуласымен анықталады. Мұндағы Q – бір уақытта аттырылатын оқтамдардың массасы, кг;

R – оқтамнан өлшеу нүктесіне дейінгі арақашықтық, м;

k_1 – сынақ коэффициенті, толқынның түріне және таужынысының қасиетіне байланысты қабылданады.

7 км-ге дейінгі қашықтықта тербеліс уақыты:

$$T = k_2 \lg R \qquad (5.51)$$

формуласымен анықталады.

Сулы топырақтарда k2=0,11–0,13; қопсыған топырақтарда k2=0,06–0,09; бекем таужыныстарында k2=0,01–0,03 болып қабылданады.

Жарылыстың сейсмикалық әсерін бағалаудың барынша жалпы критерийі тербеліс жылдамдығы.

Топырақ қозғалысының жылдамдығын анықтау үшін академик М.А. Садовскийдің:

$$v = k_3 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^v \qquad (5.52)$$

формуласын қолдануға болады. Мұндағы k3 – қоршаған ортаның қасиетіне байланысты қабылданатын коэффициент.

Егер топтағы оқтамдардың массасы шамамен бірдей болса, тербеліс жылдамдығын анықтау үшін:

$$v = \frac{k_3}{\sqrt{N}} \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1,5} \qquad (5.53)$$

формуласын қолдануға болады. Мұндағы N – оқтам топтарының саны.

Жарылыс кезіндегі сейсмикалық тербеліс қарқындылығын анықтау үшін шкала жасалған (5.1-кесте).

Жарылғыш заттардың жинақталған оқтамы, бір рет атылғанынан пайда болатын топырақтың тербелісінен үйлер мен ғимараттардың орналасатын орнының қауіпсіз арақашықтығы:

$$r_c = K_г K_c \alpha \sqrt[3]{Q} \quad \text{м} \qquad (5.54)$$

формуласымен анықталады. Мұндағы rc – жарылыс жүргізілетін жерден, күзетілетін ғимаратқа дейінгі арақашықтық, м;

Кг – күзетілетін ғимарат астындағы топырақтың қасиетіне байланысты алынатын коэффициент;

Кс – ғимараттың түріне, салыну сипатына байланысты қабылданатын коэффициент;

α – жарылыстың жағдайына байланысты қабылданатын коэффициент;

Q – оқтама массасы, кг.

5.1-кесте. Жарылыс кезіндегі тербеліс қарқындылығының шкаласы

Сілку сипаттамасы	Балы	Тербелу жылдамдығы, см/с
Тербеліс тек аспаптармен белгіленеді	1	0,1–0,2
Тербеліс кейбір жағдайларда тыныш кезде сезіледі	2	0,2–0,4
Тербеліс кейбір адамдарға және жарушыларға сезіледі	3	0,4–0,8
Тербеліс шынылардың қозғалысымен сезіледі	4	0,8–1,5
Үйлердің зақымдануы, сырлардың түсуі	5	1,5–3,0
Сылақтарда жіңішке жарықшақтардың пайда болуы	6	3–6
Сылақтардың құлап түсуі	7	6–12
Ғимараттардың жүк көтеру конструкцияларына жарықтардың түсуі	8	12–24
Ғимараттардың қирауы, қабырғаларда үлкен жарықтардың пайда болуы	9	24–48
Ғимараттардың толық қирауы	10–12	48

Кг кэффициентінің мәні

Тығыз, бұзылмаған скальды таужыныстары.....5

Қатты таужыныстарының терең емес жұмсақ қабаттары, бұзылған скальды таужыныстары.....8

Тереңдігі 10 м асатын суланбаған құм және топырақтар.....12

Сулы топырақты таужыныстары.....15

Жоғары дәрежелі суланған топырақты таужыныстары.....20

Кс коэффициентінің мәні

Өнеркәсіпті мақсатта салынған қабырғалары темірбетоннан немесе металдан жасалған жеке үйлер мен ғимараттар.....1

Қабырғалары кірпіштен қаланған биіктігі үш-төрт қабаттан аспайтын жеке үйлер.....1,5

Көлемі үлкен емес елді мекендер.....2

α коэффициентінің мәні

Камуфлетті және қопсытуға арналған жарылыс.....1

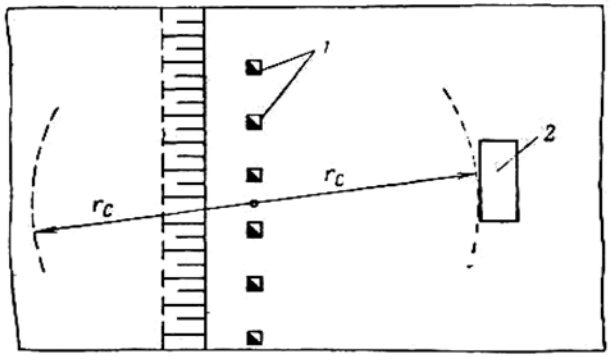
Лақтыруға арналған жарылыс.....0,8

Жартылай тереңдетілген оқтамдар жарылысы.....0,5

Оқтамдарды суға немесе сулы таужыныстарға орналастырған кезде коэффициенттің мәнін 1,5-2 есе арттыру керек. Жер бетінде сыртқы оқтамдарды аттырған кезде, сейсмикалық әсер ескерілмейді [1, 2].

Мысал. Тығыз гранит таужынысын аттыру үшін салмағы 4 т камералық қопсыту оқтамы қолданылады. Егер бірдей уақытта, кірпіштен салынған 3 қабат ғимарат іргетасына параллель бір қатарда орналасқан 12 камералық оқтам аттырылатын болса, жарылыс болатын карьер жиегінен ғимаратқа дейінгі сейсмикалық қауіпсіз арақашықтықты анықтаймыз [1, 2].

Шешімі. Камералық оқтамдардың және ғимараттың орналасу сұлбасын құрастырамыз (5.4-сурет).



5.4-сурет. Оқтам мен нысанның орналасу схемасы: 1-ЖЗ оқтамы; 2-нысан

Камералық оқтамның жалпы массасын анықтаймыз:

$$Q_{к.ж} = NQ_k = 12 \cdot 4 = 48 \text{ т.}$$

Осы жағдай үшін коэффициенттердің мәнін анықтаймыз: Кг=5; Кс=1,5; α=1. (5.54) формуланы қолданып, жарылыс болатын жерден ғимаратқа дейінгі қауіпсіз арақашықтықты анықтаймыз:

$$r_c = K_г K_c \alpha \sqrt[3]{Q} = 5 \cdot 1{,}5 \cdot 1 \sqrt[3]{48000} = 272{,}9 \text{ м.}$$

Қоршаған ортаға жарылыстың ауалы соққы толқынының әсері

Ауалы соққы толқыны дегеніміз – дыбыс жылдамдығынан жоғары ауа арқылы жүретін өзгермелі соққы. Жарылыстың кеңейткіш өнімдері ауаны қысады және қысылған ауа тек белгіленген көлемде болады.

Ауалы соққы толқыны бастапқы алынған кинетикалық энергияның әсерінен қозғалады. Толқын майданындағы қысым жоғарылаған сайын, қысым артады. Ауалы соққы толқыны бастапқы нүктесінен алыстаған сайын, көлемінің өсуіне байланысты жылдамдығын төмендетеді [1, 3].

Ауалы соққы толқынының әсерін сипаттайтын негізгі параметрлер:

Ауалы соққы толқыны майданындағы артық қысым (Па):

$$\Delta p = \frac{2\rho_0 v_y^2}{g(1+v)}\left(1 - \frac{c_0^2}{v_y^2}\right); \qquad (5.55)$$

немесе

$$\Delta p = \frac{7}{6}\rho_0\left(\frac{v_y^2}{c_0^2} - 1\right); \qquad (5.56)$$

Ауалы соққы толқыны майданының қозғалу жылдамдығы (м/с):

$$v_y = \left[\Delta p\left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho}\right)g\right]^{\frac{1}{2}}; \qquad (5.57)$$

Сығылған ауа қабатының қозғалу жылдамдығы:

$$u = \frac{2}{1+v} v_y \left(1 - \frac{c_0^2}{v_y^2}\right); \qquad (5.58)$$

Ауалы соққы толқыны майданындағы температура:

$$T_\phi = 288 \frac{(100 + \Delta p)(720 + \Delta p)}{6\Delta p + 720}; \qquad (5.59)$$

мұндағы ρ_0, p_0, c_0 – сығымдалмаған ауаның сәйкес тығыздығының (г/см3), қысымының (Па) және дыбыс жылдамдығының (м/с) мәндері:

ρ – ауалы соққы толқыны майданындағы ауаның тығыздығы, кг/м3;

v – адиабат көрсеткіші.

Қалыпты жағдайларда, ауалы соққы толқынының қарқындылығы көптеген факторларға байланысты: ЖЗ түріне, оқтам құрылымына, оқтамды қоздыру әдісіне, таужыныстарының қасиетіне, т.б. Жерасты қазбаларында жарылыс жұмыстарын жүргізгенде, сонымен қатар толқын жолындағы түйіндер санына, бұрылыстарына қазбаның кеңеюі мен тарылуына байланысты болады.

Ауа арқылы берілетін соққы толқынының күші және негізгі сипаттамалары, бір уақытта қолданылатын ЖЗ-тың жалпы мөлшеріне байланысты. Жер бетінде жару жұмыстарын жүргізгенде, үйлер мен ғимараттар үшін ауалы соққы толқыны әсері бойынша қауіпсіз арақашықтық:

$$r_в = K_в \sqrt[3]{Q}; \qquad (5.60)$$

$$r_в = k_в \sqrt{Q}; \qquad (5.61)$$

формуласымен анықталады. Мұндағы rв – қауіпсіз арақашықтық, м;

Q – ЖЗ оқтамының массасы, кг;

Кв, kв – пропорционалдық коэффициенттер, олардың мәндері оқтам массасы мен орналасу жағдайына және үйлер немесе ғимараттарға келтіретін зақымның дәрежесіне байланысты қабылданады [1, 2].

(5.60) және (5.61) формулаларды ЖЗ дайындайтын, сақтайтын, тиеу-түсіру жұмыстарын жүргізетін, сыртқы және лақтыру оқтамдарының жарылатын жерінен үйлерге дейінгі қауіпсіз арақашықтықты анықтау үшін қолдану керек.

Мысал. Салмағы 16 кг сыртқы оқтам жарылысынан ауалы соққы толқынының адамға әсер етуі бойынша қауіпсіз арақашықтықты анықтаймыз.

Шешімі. Келесі формуланы пайдаланып ауалы соққы толқынының адамға әсер етуінің минимальды қауіпсіз арақашықтығын анықтаймыз:

$$r_{\min} = 15\sqrt[3]{Q} = 15\sqrt[3]{16} = 38 \text{ м.}$$

Жарылыс кезіндегі өнеркәсіп қауіпсіздігінің талаптарына сәйкес сыртқы оқтам жарылысы кезіндегі адамға әсер ететін ең аз қауіпсіз арақашықтық 300 м кем болмауы тиіс. Сондықтан rmin=300 м деп қабылдаймыз.

Дәріс тақырыбы бойынша бақылау сұрақтары:

1. Орналасу орны және пішіні бойынша жарылғыш зат оқтамдары қандай түрлерге бөлінеді?
2. Құрылымы және әсер ету сипаты бойынша жарылғыш зат оқтамдары қандай түрлерге бөлінеді?
3. Жарылғыш зат оқтамы жарылысының сейсмикалық әсері қалай сипатталады?
4. Ғимараттарға әсер ететін жарылыстың қауіпсіз сейсмикалық арақашықтығы қалай анықталады?
5. Қоршаған ортаға жарылыстың ауалы соққы толқынының әсерін қалай сипаттауға болады?
6. Жарылыстан болатын ауалы соққы толқынының қауіпсіз арақашықтығын қалай анықтайды?

Ұсынылатын әдебиеттер: [1, 3, 4, 6].

Назар аударып тыңдағандарыңызға рахмет!!!