

М.І. Жәркенов, Е.Т. Сердалиев

**ЖАЗЫҚ ҚАЗБАЛАР КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН
ЖОБАЛАУ**

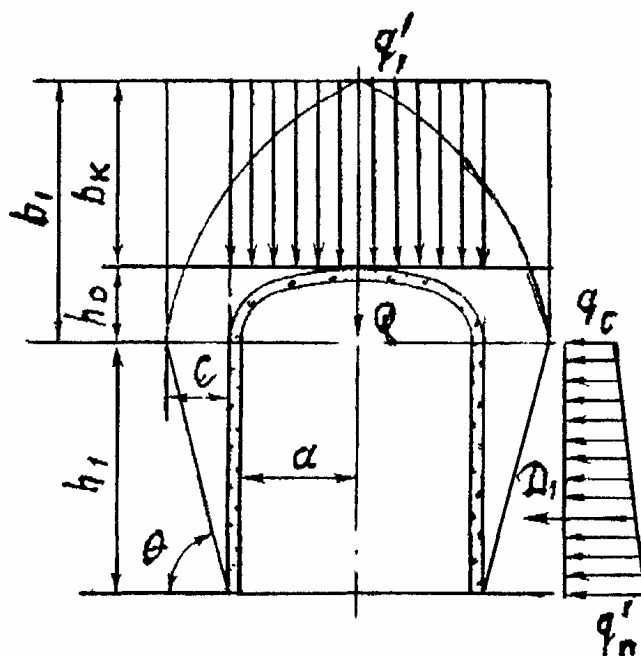
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

М.І. Жәркенов, Е.Т. Сердалиев

ЖАЗЫҚ ҚАЗБАЛАР КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН
ЖОБАЛАУ

Республикалық оқу-әдістемелік бірлестігі оқу құралы ретінде
ұсынған



Алматы 2004

ББК 331я73

Ж 37

ЖОК 622. 286

Ж 37. Құрастырушылар М.І. Жәркенов, Е.Т. Сердалиев. Жазық қазбалар конструкцияларын жобалау. Жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы - Алматы: ҚазҰТУ, 2004,- 139 б.

Оқу құралы Мемлекеттік стандарттардың, типтік және жұмыс бағдарламаларының, мамандықтың квалификациялық сипаттамасы талаптарына сай құрастырылған. Оқу құралының мақсаты — жазық қазбалар конструкцияларын таңдап есептеуді дәрістер, курстық, дипломдық және тәжірибелік жұмыстарды орындау арқылы студенттерге керекті білімдерді оқыту мен игерту.

Оқу құралында жыныс массивтерінің физика-механикалық сипаттамалары, қазба айналасындағы таужыныстарының кернеулі жағдайы, орнықтылық параметрлері мен бекітпелерді таңдау, есептеу жолдары қарастырылған.

Оқу құралы тау-кен өндірісі мамандарына арналған.

Сурет — 17. Кесте — 38. Әдебиеттер тізімі — 24 атау.

Пікір жазғандар: техн. ғыл. докторы, профессор - Т.Е. Хакимжанов;
техн. ғыл. канд., профессор. - Н.Х. Баязит.

ББК 331я73

Ж $\frac{2501000000}{00(05)-04}$

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
2004 жылғы жоспары бойынша басылды.

© ҚазҰТУ, 2004

КІРІСПЕ

Республика экономикасының үдеп, жылдам дамуының басты шарттарының бірі - түсті және басқа да металдарды өндіру көлемін одан әрі ойдағыдай ұлғайту болып табылады. Ол үшін шахта және жерасты құрылысын, капиталдық және дайындық қазбаларын оздыра, кең көлемде жүргізу керек.

Шахта құрылысын дамыту мен жетілдіру - құрылыс мезгілін қысқартуға, оның техникалық деңгейін, еңбек өнімділігін, жұмыс сапасын жоғарылатуға және құрылыс бағасын төмендетуге бағытталуы тиіс.

Кен өндіру жұмыстарының терендеуіне, тау қысымының жоғарылауына, тау-геологиялық жағдайлардың нашарлауына байланысты шахта құрылысы және қайта жарақтандыру жұмыстары күрделене түсуде, сондықтан шахта құрылысшыларынан терең кәсіби білімі мен мамандардың байыпты инженерлік дайындығы болуы талап етілуде.

Тау қазбалары мен жерасты ғимараттарының эксплуатациялық сенімділігін қамтамасыз ету міндеттерін ойдағыдай шешу - қазбаны қоршаған жыныс массивінде болатын механикалық процестерді болжау әдістерінің кемеліне, сонымен қатар жерасты инженерлік конструкцияларын есептеу әдістеріне байланысты.

Жерасты ғимараттарының эксплуатациялық сенімділігін, яғни белгіленген қызмет мезгілінде өзінің эксплуатациялық көрсеткіштерін сақтау қабілеттілігін, әртүрлі керекті инженерлік конструкцияларды тұрғызу жолымен қамтамасыз етуге болады. Қазіргі кезде инженерлік конструкциялар деп - тау қазбаларының бекітпелері мен жерасты ғимараттарының қаптамаларын ғана түсініп қоймай, сонымен қатар таужыныстары массивінің өзін де қарастыруға болады. Қазба айналасындағы массив, табиғи жыныстан болатын конструкция ретінде қарастырылады.

Кен инженері-құрылысшы мамандығын дайындайтын оқу жоспарына сәйкес «Жерасты ғимараттарының механикасы»,

«Жерасты ғимараттарының конструкциялары», «Жерасты қазбалары бекітпелерін есептеу» пәндері, бірін-бірі толықтыра енгізілген. Ұсынылып отырған оқу құралы, осы пәндердің оқу жоспарларын қамти отырып, жерасты қазбаларының конструкцияларын жобалауға, курстық, дипломдық және тәжірибелік жұмыстарды орындауға арналған.

1. ТАУЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КЕН-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Таужыныстарының физика-механикалық қасиеттерін білу - жыныстарды әр түрлі әдістермен бұзудың тиімділігін, қазбалардың орнықтылығын, бекітпенің түрін дұрыс таңдауды, қазба жүргізу әдістерін негіздеуді, тау-кен жұмыстарын дұрыс жоспарлауды толығынан бағалауға мүмкіндік береді.

Таужыныстарының негізгі физика-механикалық қасиеттеріне жататындар: сығылған $\sigma_{сж}$ және созылған σ_p кездегі мықтылық шектері, ұзынабойлық серпінділік модулі (Юнг модулі) E қатысты көлденең деформациялар коэффициенті (Пуассон коэффициенті) μ [1].

Жыныстардың кен-технологиялық параметрлері, эмпериялық тәжірибелік жолдармен анықталады. Олар құралдардың, кен машиналарының жұмыс органдарының әсерінен жыныстарда болатын өзгерістер тәртібін сипаттайды. Кентехнологиялық параметрлерге - жыныстардың бекемдік коэффициентін, қаттылығын, түрпілігін т.б. жатқызады.

Мықтылық шегі деп - таужыныстары үлгісінің шектік кернеу кезіндегі бұзылуын айтады:

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

мұндағы P - бұзатын жүктеме, H ;

F - түсірілген жүктеме әсер ететін үлгінің көлденең қимасының ауданы, m^2 .

Таужыныстары үлгілерінің бірсызғыты сығылуға мықтылық шегі (сығылу беріктігі) $\sigma_{сж}$ - кен істерінде жыныстардың мықтылығын сипаттауда кеңінен қолданылады. Созылу мықтылығы, сығылу мықтылығынан алдақайда төмен. Көптеген таужыныстары үшін $\frac{\sigma_{сж}}{\sigma_p}$ қатынасының орташа мөлшері 8-10 арасында.

Сондықтан, тәжірибелік есептеулерде жыныстардың созылуға мықтылық шегін төмендегідей анықтайды:

$$\sigma_p = 0,1 \cdot \sigma_{сж} . \quad (1.1)$$

Сығылу мықтылық шегі бойынша М.М. Протоdjяконовтың зерттеулерімен жыныстардың бекемдік коэффициенті анықталады:

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{100} , \quad (1.2)$$

мұндағы $\sigma_{сж}$ - бірөстік сығылуға мықтылық шегі, $кгс/см^2$.

Қазіргі уақытта бұдан нақтылы байланыстағы теңдеулерді пайдалануға болады:

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{300} + \sqrt{\frac{\sigma_{сж}}{30}} . \quad (1.3)$$

Профессор М.М. Протоdjяконовтың шкаласы бойынша барлық таужыныстары 10 категорияға бөлінеді (1.1-кесте). Бірінші категорияға - мықтылық дәрежесі ең үлкен жыныстар жатады (ең тығыз, берік және тұтқыр базальттар, кварциттер, т.б. басқа жыныстар), оныншыға – ең әлсіз қорыс жыныстар. Ең үлкен бекемдік коэффициенті - 20 тең.

Жоғарыда келтірілген есептеу әдістерімен қатар, арнайы экспериментальдық ұнтақтау әдісін де қолдануға болады. Ұнтақтау әдісінің негізі мынада: салмағы шамамен 20-50 г болатын жыныстың 5 дұрыс пішінді емес кесектерін алады. Әр кесекті арнайы стаканда салмағы 2,4 кг, 600 мм биіктіктен тасталатын гірмен ұнтақтайды. Гірді 3-15 (n) рет тастағаннан кейін, алынған жыныс ұнтағын тесіктері 0,5 мм болатын елеуіштен өткізеді. Бес үлгі кесектен шыққан мөлшері 0,5 мм кем фракцияны жинайды және диаметрі 23 мм көлемөлшегіш стаканға салады. Ұнтақталған шаңның стакандағы биіктігін (l) анықтайды. Бекемдік коэффициентін f төмендегі формуламен есептейді:

$$f = \frac{20 \cdot n}{l} . \quad (1.4)$$

Серпінділік модулі E жыныс үлгісі алаңындағы тік кернеудің σ_n қатысты сызық серпінді деформациясына $\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l}$ (мұнда Δl - абсолютті деформация; l - деформация өлшеген база) қатынасын көрсетеді:

$$E = \frac{\sigma_n}{\varepsilon_l}.$$

Көпшілік жыныстар үшін серпінділік модулі $E = 10^3 - 10^5 \text{ МПа}$ тең.

1.1- кесте

Тау жыныстарының классификациясы
(проф. М.М. Протдяконов бойынша)

Категория	Беріктік дәрежесі	Жыныстар	Бекемдік коэффициенті, f
1	2	3	4
I	Жоғары дәрежедегі берік жыныстар	Ең берік, тығыз және тұтқырлы кварциттер мен базальттар, ерекше берік басқа жыныстар	20
II	Өте берік жыныстар	Өте берік гранит жыныстары, кварцитті порфир, кремнийлі тақтатаc (сланец), ең берік құмтастар, әктастар (известняктар)	15
III	Берік жыныстар	Тығыз граниттер және гранитті жыныстар, өте берік құмтастар және әктастар, берік конгломерат, мрамор, доломит	8-10
IV	Әжептәуір берік жыныстар	Кәдімгі құмтас, темір рудасы, құмды тақтатастар, тақталы құмтастар	5-6
V	Орташа берік жыныстар	Берік сазды сланец, онша берік емес құмтас пен әктас, жұмсақ конгломерат, тығыз мергель	3-4

1	2	3	4
VI	Әжептәуір жұмсақ жыныстар	Жұмсақ тақтатас, өте жұмсақ әктас, бор, тастұз, гипс, тоңазыған жер, антрацит, кәдімгі мергель, бұзылған құмтас, тақтатас, берік таскөмір, қатқан саз	1,5-2
VII	Жұмсақ жыныстар	Тығыз саз, жұмсақ таскөмір, қатты тасынды, жеңіл құмды саз, малтатас	0,8-1,0
VIII	Топырақ жыныстар	Өсімдікті жер, шымтезек (торф), жеңіл саздақ (суглинок), дымқыл құм	0,6
IX	Сусымалы жыныстар	Құм, ұсақ малтатастар, үйілген жер, өндірілген көмір	0,5
X	Қорысты жыныстар	Қорыстар, батпақты жер, езілген сары топырақты жерлер	0,3

Пуассон коэффициенті μ көлденең және ұзынабойға қатысты деформациялардың қатынасын көрсетеді:

$$\mu = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_l} .$$

Көпшілік жыныстар үшін μ 0,15 тен 0,35 арасында өзгереді.

Серпінділік модулін, жіңішке өзекше түрдегі жыныстағы ұзынабойлық толқынның жылдамдығы C_p арқылы да анықтауға болады:

$$E = \gamma \cdot C_p^2 . \quad (1.5)$$

Шексіз ортадағы немесе массивтегі ұзынабойлық толқынның жылдамдығы:

$$C_p = \left[\frac{E \cdot (1 - \mu)}{\gamma \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)} \right]^{\frac{1}{2}} . \quad (1.6)$$

Егер $\mu = 0,25$ болса, онда:

$$C_p = 1,1 \cdot \left(\frac{E}{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Тығыз жарықшақсыз жыныстардың серпінділік қасиеттерін ультрадыбыс әдісімен анықтаған кезде, серпінділік константаларын мынадай формуламен жүргізуге болады:

$$\mu = (a^2 - 2) / [2 \cdot (a^2 - 1)] .$$

мұнда $a = \frac{C_p}{C_n}$; C_n - үлгідегі көлденең толқынның жылдамдығы.

(1.5) формуласын E байланысты өзгертсек:

$$E = \frac{C_p^2 \cdot \gamma (1 - \mu - 2\mu^2)}{1 - \mu}$$

ВНИМИ-дің деректері бойынша, C_n орнына рэлеев толқынының жылдамдығын пайдалануға болады, себебі оны анықтау жеңілірек,

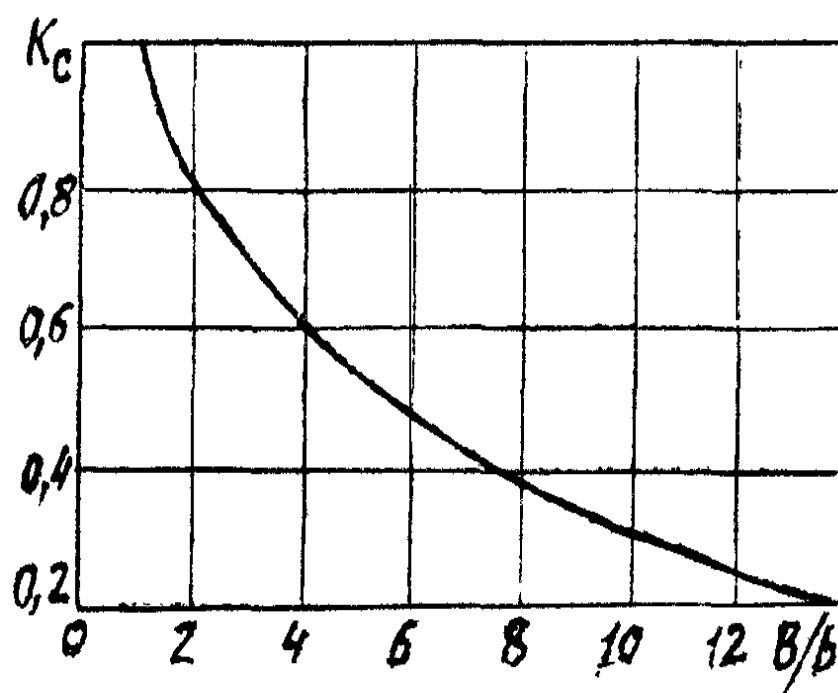
$$C_p = \left(\frac{G}{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{E}{2 \cdot (1 + \mu) \cdot \gamma} \right]^{\frac{1}{2}} ,$$

мұндағы G - сырғу модулі.

Жыныстар массивінің мықтылығы жарықшақтардың болуына байланысты оның бөлек бір кесегінің беріктігінен кем болады. Жарықшақтардың деңгейінің көбеюіне байланысты жыныстар массивінің мықтылық сипаты азайып, деформациясы көбейеді. Жыныстар үлгісінің беріктігі арқылы массивтің мықтылық сипаттамасын алу үшін, есептеулерге құрылымдық әлсіреу коэффициентін K_c кіргізеді (жыныстардың массивтегі мықтылығының кесектегі беріктігіне қатынасы).

Массивтің жарықшақтық деңгейіне байланысты K_c мағынасын 1.2-кестеден алуға болады.

Жарықшақтық деңгейі	Жарықшақтардың бір-бірінен орташа қашықтығы, м	K_c
Тұтастанған	1,5 артық	0,9
Азжарықшақты	1,5-1,0	0,8
Ортажарықшақты	1,0-0,5	0,6
Көпжарықшақты	0,5-0,1	0,4
Өтежарықшақты	0,1 кем	0,2



1.1-сурет. Құрылымдық әлсіреу коэффициентінің жарықшақтар қарқындылығына байланысы

Массивтің жарықшақтық қарқындылығы белгілі болғанда, 1.1-суретте келтірілген график бойынша K_c коэффициентін анықтауға мүмкіндік туады; абсцисс осінде- B/b жарықшақтық қарқындылығы, мұндағы B -массивтің қарап отырған бөлігінің ұзындық мөлшері; b -құрылымдық кесектің орташа мөлшері; $B/b > 14$ болғанда $K_c = 0,2$.

Беріктіктің ұзақтық коэффициенті ξ жыныс беріктігінің жүктеменің ұзақ уақыт әсерімен кішіреюін көрсетеді. Ол стандартты сынау кезіндегі мықтылық шегінің таужынысының ұзақтық беріктік шегіне қатынасына тең болады.

Осы коэффициенттің (ξ) мағнасын қабылдау ұсынысы: серпінді сипатта бұзылатын жыныстар үшін (граниттер, кварциттер, қатты құмтастар, т.б.): $\xi = 1 \div 0,7$, ал бұзылу кезінде пластикалық деформацияны көрсеткен жыныстар үшін (құмтас, көміртүрлі тақтатастар (сланецтер), орташа беріктікті әктастар, т.б.): $\xi = 0,5 \div 0,7$ [3].

Жыныстар массивінің ұзақ сығылуға мықтылық шегі:

$$R_{сж} = \sigma_{сж} \cdot K_c \cdot \xi \quad . \quad (1.7)$$

Жыныстар массивінің ұзақ созылуға мықтылық шегі:

$$R_p = \sigma_p \cdot K_c \cdot \xi \quad , \quad (1.8)$$

мұндағы $\sigma_{сж}$ және σ_p - жыныстар үлгісінің сығылуға және созылуға мықтылық шектері.

Ішкі үйкеліс коэффициенті және бұрышы. Сыртқы үйкелістен (түйіскен денелердің бір-біріне байланысты қозғалуына кедергісі) өзгеше ішкі үйкеліс - дененің бөлек бөлімдерінің бір-біріне қатысты деформацияланған кездегі қозғалуға кедергісін қарастырады.

Сыртқы үйкеліске ұқсата отырып, *ішкі үйкеліс коэффициенті* деп - үйкеліс күшінің F_T нормальды жүктемеге P_H қатынасын айтады:

$$f_m = \frac{F_m}{P_H} = \operatorname{tg} \varphi \quad .$$

$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot f_m$ бұрышын ішкі үйкеліс бұрышы деп айтады.

Ішкі үйкеліс бұрышын ұқсастық ішкі үйкеліс бұрышынан айыра білу керек, немесе ішкі кедергі бұрышынан, оны жыныстардың М.М. Протодьяконов бекемдік коэффициенті арқылы есептеп табады - arctgf .

Ішкі үйкеліс бұрышын эксперименталдық жолмен табады (қисық кесу әдісімен немесе жыныстар үлгісін стабилметриялық сынау кезіндегі жыныстардың беріктік паспортымен) [4].

Тау қысымын есептеген кезде ішкі үйкеліс бұрышының ең аз мағынасын біліп қабылдаған дұрыс, бұл кезде тау қысымының ең үлкен мөлшері болады.

Ішкі үйкеліс коэффициентін жыныстар үлгісінің біростік сығылуға және созылуға беріктігінің мөлшерін қолданып жобалап есептеуге болады [4]:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sigma_{сж} - \sigma_p}{\sigma_{сж} + \sigma_p} . \quad (1.9)$$

Түсті металлургия кеніштерінде жүргізілген зерттеулерге байланысты [5] төмендегі формула ұсынылған:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{f-1}{f+1} , \quad (1.10)$$

мұндағы f - жыныстардың бекемдік коэффициенті (М.М. Протодяконов бойынша).

Қатты таужыныстары $f \geq 9$ үшін (1.9) және (1.10) формулалары жақын нәтиже береді. (1.9) формуласы $f \geq 2$ жарамды.

2. ТАУ ҚЫСЫМЫ ЖӘНЕ ЖЫНЫСТАР МАССИВІНІҢ КЕРНЕУЛІ ЖАҒДАЙЫ

2.1. Тиілмеген массивтегі жыныстардың кернеулі жағдайы

Тау қазбаларын жүргізгенше, жыныстар массиві тепе-теңдік кернеулі жағдайда болады. Кернеулі жағдай жоғары жатқан жыныстардың өзіндік салмағымен (гравитациялық күштермен), тектоникалық күштермен, температуралық градиенттермен шақырылады. Тектоникалық күштер мен температуралық градиенттер болмаған кезде жыныстардың өзіндік салмағынан болатын кернеулер, олардың тереңдігіне пропорционал келеді.

Егер массивтің әр нүктесіндегі басты кернеулер белгілі болса, тиілмеген массивтегі гравитациялық күштермен жасалған кернеулі жағдай белгілі деп саналады. Тік бағыттағы кернеулерді қазіргі уақытта жыныстар бағанының салмағына тең деп қабылдайды:

$$\sigma_z = \gamma \cdot H ,$$

мұндағы γ - жыныстардың орташа тығыздығы (массивтегі);

H - жер бетінен тереңдігі.

Қатты жыныстар бірқатар тереңдіктен кейін серпінді жағдайда болады деп санай отырып, және Гук заңына бағынады деп, жазық кернеулердің σ_x және σ_y мөлшерлерін бағалайды, олар жыныстардың жағдайларына және қасиеттеріне байланысты.

Енді жер бетінен H тереңдікте орналасқан қабырғасы бірге тең элементарлық кубиктің кернеулі жағдайын қарастырайық (2.1-сурет).

Барлық жағынан сығылған кезде кубик тепе-теңдік жағдайда $\sigma_z, \sigma_x, \sigma_y$ кернеулерімен сипатталады.

Егер орта біртекті болса, ол координаттар осьтері еркімен қабылданса, онда $\sigma_x = \sigma_y$, ал $\sigma_z = \gamma \cdot H$ [6].

Деформация болмағанда бір басты кернеу бойынша толық қатысты деформацияның теңдеуі мынадай түрде болады:

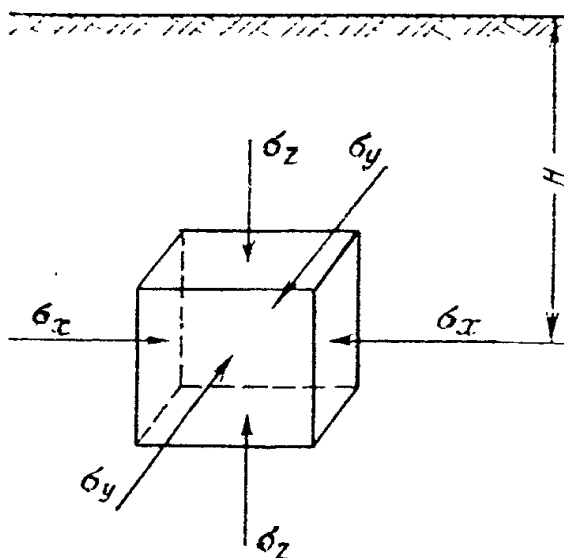
$$\mu \cdot \frac{\sigma_z}{E} - \frac{\sigma_x}{E} + \mu \frac{\sigma_y}{E} = 0 , \quad (2.1)$$

мұндағы μ - Пуассон коэффициенті;

E - серпінділік модулі.

$\sigma_x = \sigma_y$ болған кезде, осы теңдеуді σ_x қатысты шеше отырып табамыз:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \sigma_z = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \gamma \cdot H , \quad (2.2)$$



2.1-сурет. Тау массивін серпінді орта деп қараған кездегі кернеулі жағдайын анықтау схемасы

Егер ол Гук заңына бағынатын серпінді орта деп қарастырылса, тиілмеген массивтің кернеулік жағдайын бағалау үшін формула (2.2) негізгі деп саналады.

$\lambda_1 = \frac{\mu}{1-\mu}$ мөлшері бүйір тойтарыс коэффициенті деп аталады.

Қатты жыныстар үшін бүйір тойтарыс коэффициенті 0,2-0,45 аралығында болады [7].

Кейбір зерттеушілер белгілі бір жыныстардың құрылымына, құрамына, метаморфизм дәрежесіне қарай λ_1 коэффициенті үлкен

мөлшерде өзгереді деп санайды. Басқа зерттеушілер жыныстар массивінің кернеулік жағдайы үлкен тереңдіктерде гидростатикалық деп қабылдауды ұсынады. Олай дейтін себебі, ұзақ уақыт кезеңінде жыныстардың жылжымашылдығына байланысты бүйір кернеулері тік бағыттағыларымен теңеседі:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \gamma \cdot H .$$

Бұл көзқарас $\mu = 0,5$ болғанда, жоғарыда келтірілгеннің жеке бір жағдайын сипаттайды. Бірақ, жоғары берікті жыныстар, мысалы, граниттер, кварциттер, берік құмтастар үлкен тереңдіктерде Гук заңына бағынады және серпінді кернеулі жағдайда болады, оларды (2.2) формуламен анықтайды.

Көп жағдайларда тиілмеген массивті бөлектенген - кесек сусымалы таужыныстары деп қарастыруға болады. Бұл кезде олардың ұстасуы болмайды, тек ішкі үйкеліс бұрышымен φ ғана сипатталады. Сусымалы жыныстардың кернеулі жағдайын бағалауды Кулон ұсынған. Бұл жағдайда тік кернеулер серпінді кернеулі жағдай сияқты бағаланады $\sigma_z = \gamma \cdot H$.

Жазық кернеулер тереңдіктің функциясы ретінде тең болады:

$$\sigma_x = \sigma_y = \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ - \varphi}{2}\right) = \lambda_2 \cdot \gamma \cdot H , \quad (2.3)$$

$\lambda_2 = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ - \varphi}{2}\right)$ мөлшері сусымалы ортаның (жыныстың) бүйір тойтарыс коэффициенті деп аталады.

Бөлектенген - кесек сусымалы жыныстардың кернеулі жағдайы, олардың тереңдігін мен ішкі үйкеліс бұрышының мөлшеріне байланысты болады.

2.2. Қазба айналасындағы таужыныстарының кернеулі жағдайы

Қазбаларды жүргізгеннен кейін, оның контурының жанындағы жыныстар массивінің кернеулі жағдайы өзгереді. Қазбалардың қабырғаларында сығымдаушы кернеулердің шоғырлану зонасы пайда

болады, ал төбесі мен табанында сығымдаушы кернеулердің орнына созушы кернеулер пайда болуы мүмкін.

Қазбалардың қабырғаларында пайда болатын жоғары сығымдаушы кернеулерді мына жағдайлармен түсіндіруге болады, қазба үстіндегі жыныс бағандары өздерінің тіреулерінен айрылады да, оның салмағы - массивтің жақын бөліктеріне беріледі. Сонымен бірге, қазба-ның қабырғасындағы басты кернеулердің біреуі нөлге тең болады және жыныстардың еркін деформациялануына мүмкіндік туады.

Қазбаның контурындағы және жақын жеріндегі жыныстардың кернеулі жағдайы, кернеулердің шоғырлану коэффициентінің мөлшерімен бағаланады.

Белгілі бір нүктедегі кернеулердің *шоғырлану коэффициенті* деп - қазба жүргізілгеннен кейінгі кернеудің тиілмеген массивтегі болған кернеуіне қатынасын айтады. Шоғырлану коэффициентінің шамасы кең мөлшерде өзгеруі мүмкін. Сығылым кернеулерінің шоғырлану коэффициенті, өзінің ең үлкен мөлшеріне қазбаның бұрыштарында және бүйірлерінде жетеді ($K_1=1.8-3,2$). Созылым кернеулерінің шоғырлану коэффициенті қазбаның төбесі мен табанында $\lambda_1 < 1$ болғанда, онша үлкен емес $K_2 \leq 0,3$ [7].

Осылай бейнелегенде, жазық пен көлбеу қазбалардың контурында тазалау жұмыстарының, үлкен қуыстардың және тектоникалық жарықшақтардың әсер ету зоналары болмағанда, серпінді жыныстар массивіндегі кернеулі жағдайлар бүйірдегі ең үлкен сығымдаушы ($\sigma_{\max}$) және төбедегі ең аз созылым ($\sigma_{\min}$) кернеулерінің мөлшерлерімен бағаланады (2.2-сурет).

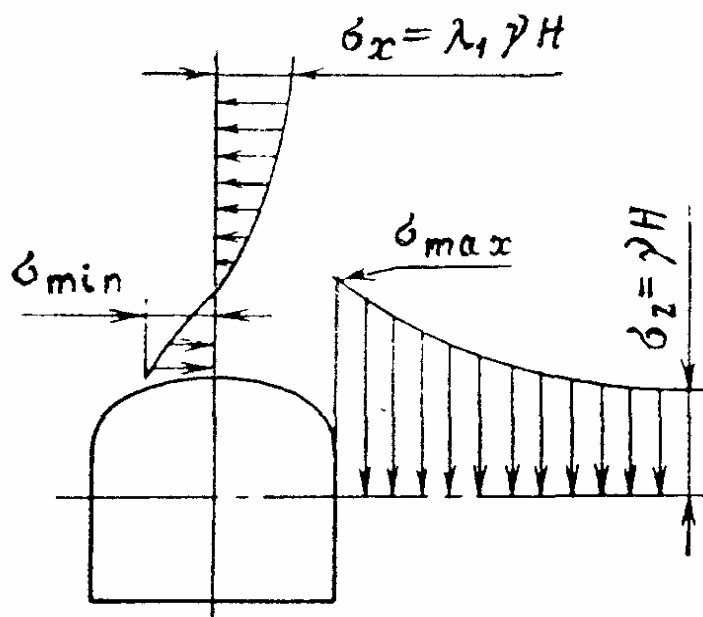
- бүйірлер үшін:

$$\sigma_{\max} = K_1 \cdot \gamma \cdot H ; \quad (2.4)$$

- төбе үшін:

$$\sigma_{\min} = K_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H ; \quad (2.5)$$

K_1 және K_2 — коэффициенттерінің мөлшері 2.1-кестеде келтірілген.



2.2-сурет. Жазық қазба контурындағы жыныстардың кернеулі жағдайының сипаты

2.2-суретте тік бұрышты-күмбезді қазбаның айналасындағы кернеулі жағдайдың сипаты басты осьтер бойынша кернеулер эпюрлері түрінде келтірілген. Төбе мен табанында $\sigma_{\min}$ созылым кернеуі әсер етеді, ол контурдан алыстаған сайын кішірейіп, біртіндеп сығылым кернеуіне айналады $\lambda_1 \cdot \gamma \cdot H$. Бүйірлерде сығымдаушы кернеулер $\sigma_{\max}$ жетеді, содан біртіндеп азаяды да, массивтің есепті тереңдігіне $\gamma \cdot H$ тең болады.

Қазбаның контуры орнықты немесе орнықсыз болуы мүмкін. Бұл мынадай жағдайларға: қазбаның жер бетінен орналасу тереңдігімен және оның өлшемдерімен, жыныстар массивінің беріктік шамасымен, жарықшақтардың бар болуымен және контурдағы кернеулердің мөлшерлеріне.

Қазбалар арқылы жыныстар массиві ашылатындықтан, *орнықты* деп ұзақ уақыт тепе-теңдік жағдайда тұра алатын, опырылмайтын және қазба жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз ете алатын ашылымды айтады. Егер қазба жүргізілісімен немесе шамалы

уақыттан кейін контурда жаңа жарықшақтар пайда болса, жекелеген кесектердің құлап немесе төбе мен бүйірлердің опырылып түсуі байқалса, онда ашылымды *орнықсыз* деп айтуға болады.

Егер контурға түскен кернеулер массивтің сығылуға $R_{сж}$ және созылуға R_p мықтылығынан аспаса, қазбаның контуры орнықты деп санауға болады. Сонымен, мынадай шарттар орындалуы тиіс:

$$n_{\sigma} = \frac{R_{сж}}{\sigma_{\max}} > 1 ; \quad n_{\kappa} = \frac{R_p}{\sigma_{\min}} > 1 , \quad (2.6)$$

мұндағы n_{κ}, n_{σ} - мықтылық (орнықтылық) еселеуші.

Шектік немесе нормативтік қасиеттерден есептік түрге көшу үшін, қауіпсіздік коэффициенті деген түсінікті пайдаланады [8]. Есептеулерде қабылданған шектік жағдайлардағы беріктік, нормативтіктен неше есе кем екенін қауіпсіздік коэффициенті көрсетеді. Сонымен қатар, нормативтік мықтылық шектіктің бір бөлігі болып саналады, соңғысы - үлгілерді стандартты сынаудан өткізу арқылы табылады.

СНиП II-21-75 бойынша, мысалы бетонның нормативтік кубиктік мықтылығы $R^H = R_{сж}(1-1,649)$, мұндағы $R_{сж}$ - осьтік сығылу мықтылығы; ϑ - вариация коэффициенті. Ауыр (тұтас) бетон үшін $R^H \approx 0,7 \cdot R_{сж}$. Осы бетонның есепті кедергісі $R_p = \frac{R^H}{\kappa}$, мұндағы $\kappa = 1,5$ - бетонның қауіпсіздік коэффициенті [9]. Сонымен, бетонның жалпы мықтылық еселеуші коэффициенті $n_1 = \frac{R_{сж}}{R_p} = \frac{1,5}{0,7} = 2$, яғни есепті кедергісі кубиктік беріктіктен екі есе кем. Бұдан ары жазуларды қысқарту үшін, мықтылық еселеуші коэффициенті - *мықтылық еселеуші* деп аталады.

Таужыныстар массивінің мықтылық еселеуші туралы толық деректер осы уақытқа дейін болмағандықтан, оны құрылыстық бетон конструкциясы деп қабылдаймыз. Сонымен бірге қазба контурындағы кернеулерден болатын құрылымдық өзгерістерді есептеулерде ескереміз.

2.1-кесте

Қазбаның пішіні	Күмбездің параметрлері			Кернеулердің шоғырлану коэффициенттері		Созылым кернеулер зонасының мөлшерлері		Ескертпе
	Осьтік доғаның радиусі, R	Бүйір доғаның радиусі, r	Күмбездің биіктігі, h_0	K_1 бүйірлеріндегі сығымдаушы	K_2 төбедегі созылым	Төбе тұстағы ені (қазба енінің B_1 бөлігі)	Биіктігі (күмбездің биіктігінің h_0 бөлігі)	
Тік бұрышты - күмбезді	$0,905 \cdot B_1$	$0,173 \cdot B_1$	$\frac{1}{4} \cdot B_1$	2	0,4	$0,35 \cdot B_1$	$0,3 \cdot h_0$	f>12 жыныстар үшін
	$0,692 \cdot B_1$	$0,262 \cdot B_1$	$\frac{1}{3} \cdot B_1$	2	0,3	$0,30 \cdot B_1$	$0,1 \cdot h_0$	f≤12 жыныстар үшін
	0,5	-	$\frac{1}{2} \cdot B_1$	2	0,25	$0,28 \cdot B_1$	$0,08 \cdot h_0$	
Тік қабырғаларымен парабола-лық	-	-	-	2	0,23	$0,25 \cdot B_1$	$0,07 \cdot h_0$	Күмбездің сызылу теңдеуі: $y = x^2 / 0,5btg\varphi$ $\varphi = 39^0$ жыныстар үшін
Трапеция түрлі	-	-	-	2	1,0	$0,9 \cdot B_1$	$0,15 \cdot h_0$	Төбенің енінің бөлігі. Табан енінің биіктігіне қатынасы ($\alpha = 80^0$ үшін) 1:1,45:1,6

Ұстап тұратын бекітпе керек болмайтын массивтің мықтылық еселеуішін анықтаймыз.

Бетон конструкцияларына ұқсатып массивтің мықтылық еселеуішін $n_1 = 2$ деп қабылдаймыз, массивтің жұмыс жағдайы коэффициенті (бетонның жерасты жағдайындағы) $m = 0,7$, тау қысымының артық жүктеме коэффициенті $n_n = 1,2 \div 1,5$.

Онда жазық қазба конструкциясының орнықтылық шарты былай болады:

$$R_{сжс} \cdot m > \sigma_{\max} \cdot n_1 \cdot n_n, \text{ яғни } R_{сжс} \cdot 0,7 > \sigma_{\max} 2 \cdot 1,5,$$

$$\frac{R_{сжс}}{\sigma_{\max}} \geq 4.$$

Сонымен, қазбаға бекітпе орнатпау үшін массивтің сығылым кезіндегі мықтылық еселеуіші мынадай болуы керек $n \geq 4$.

СНиП тің ұсынысы бойынша, созылымда жұмыс атқаратын массив үшін де мықтылық еселеуіші $n \geq 4$ болуы тиіс.

$R_{сжс}, R_p, \sigma_{\max}$ және $\sigma_{\min}$ мағыналарын тиісті формулаларға қоя отырып, бекітпе керек болмайтын массивтің мықтылық еселеуішін табамыз:

$$n_{\sigma} = \frac{R_{сжс}}{\sigma_{\max}} = \frac{\sigma_{сжс} \cdot \kappa_c \cdot \xi}{\kappa_1 \cdot \gamma \cdot H} \geq 4, \quad n_{\kappa} = \frac{R_p}{\sigma_{\min}} = \frac{\sigma_p \cdot \kappa_c \cdot \xi}{\kappa_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H} \geq 4. \quad (2.7)$$

1-мысал. Берілген деректер бойынша массивтің серпінді немесе сусымалы орта екенін бағалап, басты кернеулерді анықтаңыз: тереңдік $H = 1200$ м; жыныстардың орташа тығыздығы $\gamma = 2600$ кг/м³; бекемдік коэффициенті $f = 15$; құрылымдық әлсіреу коэффициенті $K_c = 0,25$; ұзақ беріктік коэффициенті $\xi = 0,7$; Пуассон коэффициенті $\mu = 0,25$.

Шешімі. 1. Массив жағдайына байланыссыз тік кернеулер:

$$\sigma_z = \gamma \cdot H = 2600 \cdot 1200 = 312 \cdot 10^4 \text{ кгс} / \text{м}^2 = 31,2 \text{ МПа}.$$

2. Жыныс үлгісінің мықтылық шегі бойынша массивтің біросьтік сығылуға мықтылық шегін анықтаймыз:

$$\sigma_{сжс} = 10^7 \cdot f = 10^7 \cdot 15 \text{Па} = 150 \text{ МПа};$$

$$R_{сжс} = \sigma_{сжс} \cdot \kappa_c \cdot \xi = 150 \cdot 0,25 \cdot 0,7 = 26,25 \text{ МПа}.$$

3. Болатын кернеулерді мықтылықпен салыстыра келе, көреміз: $\sigma_z > R_{сжс}$, сондықтанда, ашқан кезімізде массив жекеленген құрылымдық кесектерге бұзылуы мүмкін. Осындай жағдайда массивті сусымалы орта деп қарастырамыз.

4. Массивті - сусымалы, ал ондағы кернеулерді - *шекті* деп қабылдап, болатын ішкі үйкеліс бұрышын анықтаймыз, массивтің созылуға шектік мықтылығы:

$$R_p = 0,1 \cdot R_{сжс} = 0,1 \cdot 26 = 2,6 \text{ МПа}, \text{ онда:}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_{сжс} - R_p}{R_{сжс} + R_p} = \frac{26,25 - 2,6}{26,25 + 2,6} = 0,819,$$

$$\varphi = 39^\circ.$$

5. Болатын жазық кернеулерді анықтаймыз:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 31,2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{39^\circ}{2} \right) = 7 \text{ МПа}.$$

2-мысал. Тік бұрышты-күмбез пішінді қазбаның орнықтылығын бағалаңыз. Берілген бастапқы деректер: $f = 10$; $H = 600 \text{ м}$; $\gamma = 3000 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_1 = 0,25$; $\kappa_c = 0,2$; $\xi = 0,8$. Бекітпенің керектігі туралы шешім қабылдаңыз.

Шешімі. 1. Тік бұрышты-күмбезді қазба, $f \leq 12$ болғанда, 2.1-кестеден кернеулердің шоғырлану коэффициенттерін анықтаймыз: $K_1 = 2$; $K_2 = 0,3$.

2. Бүйірлердегі сығымдаушы және төбедегі созылым кернеулерін анықтаймыз:

$$\sigma_{\max} = K_1 \cdot \gamma \cdot H = 2 \cdot 3000 \cdot 600 = 36 \cdot 10^5 \text{ кгс / м}^2 = 36 \cdot 10^5 \cdot 10 = 36 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\sigma_{\min} = K_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H = 0,3 \cdot 0,25 \cdot 3000 \cdot 600 = 1,35 \cdot 10^5 \text{ кгс / м}^2 = 1,35 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

3. Жыныс массивінің сығылуға және созылуға мықтылық шектерін анықтаймыз:

$$\sigma_{сж} = 10^7 \cdot f; \quad \sigma_p = 10^6 \cdot f;$$

$$R_{сж} = \sigma_{сж} \cdot \kappa_c \cdot \xi = 10^7 \cdot 10 \cdot 0,2 \cdot 0,8 = 1,6 \cdot 10^7 \text{ Па};$$

$$R_p = \sigma_p \cdot \kappa_c \cdot \xi = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

4. Жыныстардың бүйірлеріндегі және төбесіндегі мықтылық еселеуіштерін анықтаймыз:

$$n_{\sigma} = \frac{R_{сж}}{\sigma_{\max}} = \frac{1,6 \cdot 10^7}{3,6 \cdot 10^7} = 0,44 < 4;$$

$$n_{\kappa} = \frac{R_p}{\sigma_{\min}} = \frac{1,6 \cdot 10^6}{1,35 \cdot 10^6} = 1,184 < 4.$$

Қазбаның бүйірлері орнықсыз, төбесі бірқалыпты орнықты, бірақта бекітпе керек болады.

2.3. Жыныстардың орнықтылық параметрлерін есептеу және бекітпені таңдау

Жазық және көлбеу қазбалар үшін жыныстардың орнықтылығын бағалауды және бекітпені таңдауды, СНиП II-94-80 бойынша қабылданған мекемелік нормативтік құжаттар арқылы жүргізуге болады [10].

Донбастағы сияқты терең шахталар үшін бекітпелерді таңдау мақсатында орнықтылық көрсеткішін пайдалану ұсынылады [3] (2.2-кесте).

$$P_y = 10 \cdot \gamma \cdot H / \sigma_{сж}, \quad (2.8)$$

мұндағы γ - тау жыныстарының орташа тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$;

H - қазба жүргізілетін тереңдік, м ;

$\sigma_{сж}$ - жыныстар үлгісінің мықтылығы, Па .

Бекітпені таңдаған кезде жеңіл және тиімді түріне артығырақ көңіл бөлген дұрыс: бүрікпе бетонға, анкерлі немесе оларды бірге қолдануға. $P_y \leq 0,05$ болғанда бекітпе керек емес.

Түсті металлургия кеніштері үшін осыған ұқсас орнықтылық параметрі «Тау қазбаларын бекітудің типтік паспорттарында»

қабылданған (2.3-кесте).

$$P_y^1 = \frac{10 \cdot \gamma \cdot H}{\sigma_g} = \frac{10 \cdot \gamma \cdot H}{\sigma_{сж} \cdot \xi}, \quad (2.9)$$

мұндағы σ_g - жыныстардың сығылуға ұзақтық мықтылығы;

ξ - ұзақтық беріктік коэффициенті.

2.2-кесте

Донбастағы сияқты терең шахталар үшін

P_y мағынасы	Жыныстардың тақталануына қарасты қазбалардың орналасуы	Ұсынылатын бекітпе
0,1 артық емес	Созылымына қарама-қарсы (және біркелкі тақталанбаған кезде)	Бекітпесіз немесе қалыңдығы 3 см бүрікпе бетон
0,10-0,24	сондай	Қалыңдығы 3-5 см бүрікпе бетон
0,24 артық	сондай	Анкерлер және бүрікпе бетон комбинациясы
0,1 артық емес	Тақталанудың созылымымен	Бекітпесіз немесе қалыңдығы 3 см дейін бүрікпе бетон
0,10-0,24	сондай	Комбинациялық, анкерлердің арақашықтығы 0,7-1,1 м, бүрікпе бетон жабынының қалыңдығы 3-5 см
0,24 артық емес	сондай	Аркалы отырма металдан Параметрлері есеппен табылады

2.3-кесте

Түсті металлургия кеніштері үшін

P_y^1 мағынасы	Ұсынылатын бекітпе
0,1 артық емес	Бекітпесіз, жыныстар орнықты болғанда немесе жыныстар үгітілуіне бейімді болса – бүрікпе бетон қалыңдығы 3-5 см
0,10-0,30	Анкерлі немесе комбинациялы (бүрікпе бетонмен)
0,30-0,45	Кері күмбезсіз: тұтас бетоннан, ағаштан, отырмалы металдан. Комбинациялы болуы мүмкін: анкерлер тұтас бетонмен немесе металды бекітпелермен бірге

Қатты жыныстар үшін ($f > 6 \div 8$, $\xi = 0,8 - 0,9$) екі кестедегі орнықтылық параметрлері бір-бірімен теңдес деп санауға болады.

P_y және $P_y^1 \leq 0,05$ болғанда бекітпе керек емес.

Мысал. Орнықтылық параметрлерін қолдана отырып келтірілген жағдайларда, бекітпенің керекті түрін таңдау: қазбаны салудың есепті тереңдігі $H = 600$ м; жыныстардың тығыздығы $\gamma = 3000$ кг/м³; $f = 10$; ұзақтық беріктік коэффициенті $\xi = 0,8$.

Шешімі. 1. Түсті металлургия кеніштері мен Донбасс шахталары үшін орнықтылық параметрлерін анықтаймыз (2.8 және 2.9 - формулалар):

$$P_y = 10 \cdot \gamma \cdot H / \sigma_{сж} = 10 \cdot \gamma \cdot H / 10^7 \cdot f = 10 \cdot 3000 \cdot 600 / 10^7 \cdot 10 = 0,18;$$

$$P_y^1 = 10 \cdot \gamma \cdot H / \sigma_g = 10 \cdot \gamma \cdot H / 10^7 \cdot f \cdot \xi = 10 \cdot 3000 \cdot 600 / 10^7 \cdot 10 \cdot 0,8 = 0,23.$$

2. 2.2-кестеде қалыңдығы 3-5 см бүрікпе бетон бекітпесі ұсынылған, ал 2.3-кестеде — анкерлі немесе комбинациялық бекітпе (анкерлі бүрікпе бетонмен).

Бекітпені таңдау сұрағын біржола шешу үшін, тау қысымын есептеуіміз керек. Бекітпе түрін таңдауға, массивтің жарықшақтығының интенсивтігі және мықтылық еселеуіші үлкен әсер етеді.

2.4. Жазық қазбалардағы тау қысымын есептеу

Тау қысымының мөлшерін есептейтін схемаларды таңдаған кезде жыныс массиві мен бекітпенің өзара әрекеттесуінен болатын үш режимді ескеруіміз керек: берілген жүктеме режимі (жүктеменің мөлшері массивтің деформациялық сипаттамасы мен бекітпенің көтеру қабілеттілік сипаттамасына байланысты емес); массив пен бекітпенің бірге деформациялану режимі; берілген деформациялар режимі (жүктеменің мөлшері массивтің деформациясымен анықталады және бекітпенің сипаттамасына байланысты емес, СНиП II-94-80 — есеп әдісін қараңыз).

Бұл жерде күмбездену теориясына негізделген тау қысымын есептеу әдістері қарастырылған және бекітпеге әсер ететін активті жүктеме ғана ескеріледі. Бұл жағдайда бекітпе күмбезденуге кедергі етпейді. Сонымен қатар, бекітпенің сыртқы бетінде болатын массивтегі реактивтік тау қысымы немесе бекітпенің серпінді тойтарысы ескерілмейді.

Егер бекітпеге түсетін жүктеме (тау қысымы) теориялық немесе эмпериялық формулалар арқылы анықталса, онда оларды - *нормативтік* деп атаймыз. Осы жағдайда, есепті жүктеме нормативтіктің артық жүктеме коэффициентіне көбейту арқылы анықталады:

$$Q_p = Q \cdot n_n, \quad (2.10)$$

мұндағы Q - нормативтік жүктеме;

n_n - тау қысымының артық жүктеме коэффициенті; камераларға және оқпан албарындағы басқа қазбалар үшін — 1,5, қалған қазбалар үшін — 1,2.

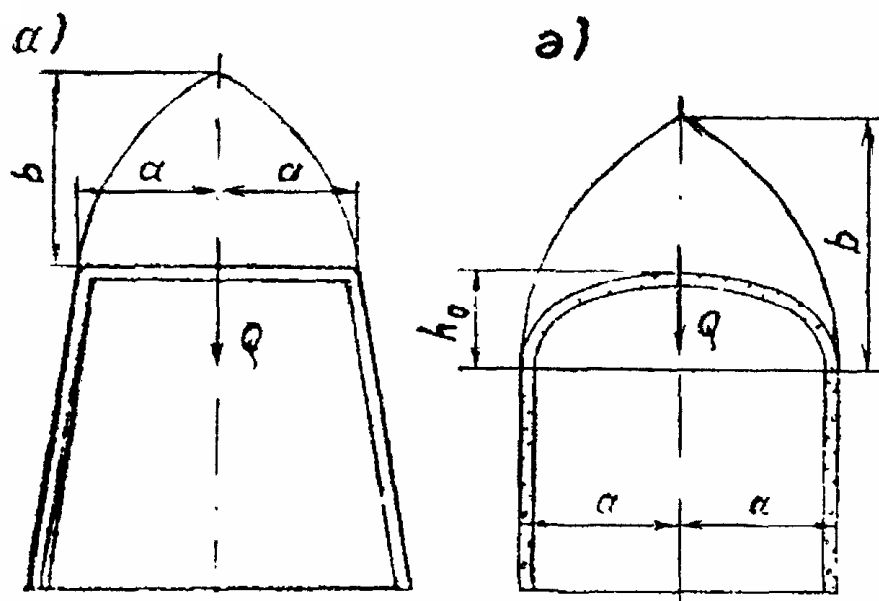
Берілген жүктеме бойынша есептеу әдісін таңдағанда, қазба контуріндегі жыныстардың мықтылық еселеуішіне байланысты жыныстардың мынадай өрбу орнықтылығы ұсынылған: төбесі мен бүйірлері орнықты ($n \geq 4$); төбесі және бүйірлері бірқалыпты орнықты ($1 < n < 4$); төбесі мен бүйірлері орнықсыз ($n \leq 1$).

Қатты жыныстарда, бұзылар алдында көрінетін пластикалық деформациялар болмағанда, тау қысымын есептеу схемасын таңдағанда мықтылық еселеуіші негізінде берілген жүктеме режимдерінің жіктеулері ұсынылған (2.4-кесте, 2.3 және 2.4-суреттер).

Келтірілген жүктеме әлсіз, орнықсыз жыныстарға пайдалануға келмейді, себебі олар ұзақтық беріктік коэффициенті $\xi \leq 0,5$ болғанда, бұзылуға көп жетпей-ақ, пластикалық ағысқа бейім болады (мергель, тақтатас (сланец), құмды-сазды жыныстар, тұздар, саздар, т.б.).

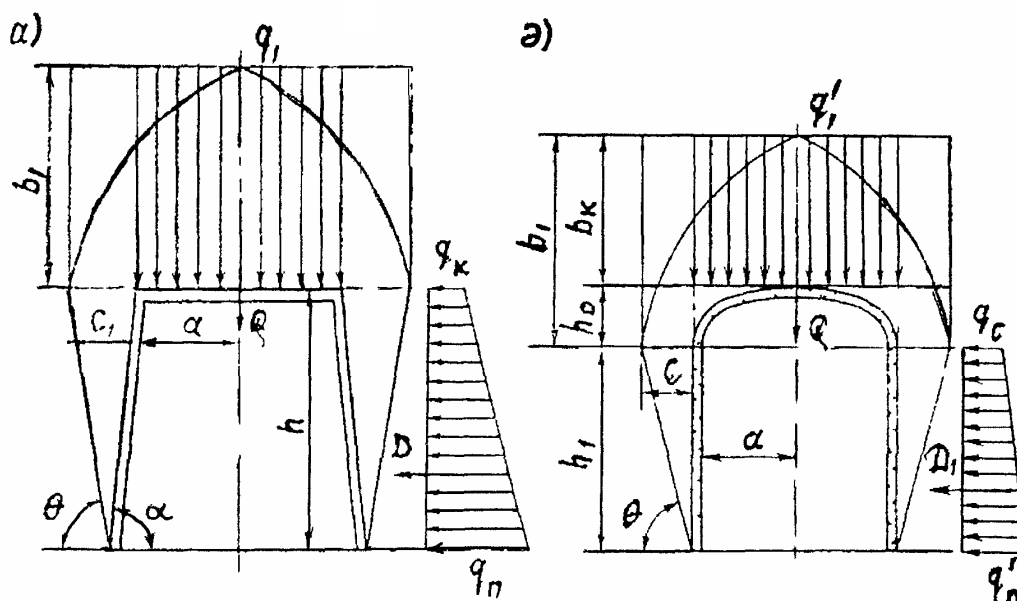
Осындай жыныстарда бекітпеге түсетін жүктемелерді СНиП II-94-80 бойынша анықтайды [10].

Схема №	Төбесі мен бүйірлерінің мықтылық еселеуішінің мағынасы	Бекітпеге түсетін берілген жүктеменің режимі және есептеу схемасы
0	$n_{\kappa} \geq 4$ $n_{\sigma} \geq 4$	Бекітпеге жүктеме түспейді және қазбаны бекітпесіз жүргізуге болады. Геологиялық бұзылым және күшті жарықшақтық зоналарында және де үгітілуге ыңғайлы жыныстарда қазбаларды торкреттеу немесе құм толтырмалы қалыңдығы 3 см дейінгі бүрікпе бетонмен жабу керек
1	$n_{\kappa} \leq 1$ $n_{\sigma} \geq 4$	Төбедегі табиғи тепетендік (опырылым) күмбезінің ішіндегі жыныстардың салмағынан бекітпе толық жүктемені қабылдайды. Бүйірлері орнықты М.М. Протоdjаконовтың есептеу әдісі қолданылады (2.3-сурет)
2	$n_{\kappa} \leq 1$ $n_{\sigma} \leq 1$	Төбе және бүйірлері тұстарынан бекітпе толық жүктемені қабылдайды; қазбаның жаңа контуры пайда болады: төбеде - күмбез, бүйірлерінде - жылжу призмалары. П.М. Цимбаревичтің есептеу схемасы қолданылады (2.4-сурет)
3	$1 < n_{\kappa} < 4$ $1 < n_{\sigma} < 4$	Бекітпе - тұрақты жүктемені көтермейді, себебі төбесі мен бүйірлері бірқалыпты орнықты, бірақта жергілікті опырылыстар болуы мүмкін. Жүктеме мөлшері жергілікті опырылыстан болатын жүктеме формулаларымен анықталады немесе есепті жүктемелер №2 әдіспен табылған нормативтік жүктемелерді мықтылық еселеуіш коэффициентіне бөлу арқылы анықталады
4	$n_{\kappa} \geq 4$ $n_{\sigma} \leq 1$	Бекітпе толық жүктемені бүйір тұстарынан ғана қабылдайды (төбесі орнықты). Бүйірден түсетін жүктемелер сусыма орта механикасының әдістермен тіреме қабырғаға түсетін бүйір қысымы түрінде анықталады



2.3-сурет. Бекітпеге түсетін тау қысымын есептеу схемасы, қазбаның орнықсыз төбесі мен орнықты бүйірлері болғанда:

a - трапеция пішінді; ә - тік бұрышты-күмбез пішінді



2.4-сурет. Бекітпеге түсетін тау қысымын есептеу схемасы; қазбаның орнықсыз төбесі және бүйірлері болғанда:

a - трапеция пішінді; ә - тікбұрышты-күмбез пішінді

Берілген жүктеме режимдерінің жіктелімі жыныстардың беріктік (қосалқы) көрсеткіштерінің барлық болатын тіркесімдерін

қамтымайды, бірақ осындай жағдайларды бағалауға және нақтылы есептеу схемасын таңдауға мүмкіндік береді. Мысалы, төбе бірқалыпты тұрақты ($1 < n_k < 4$), ал бүйірлері орнықсыз болса ($n_o \leq 1$), онда №2 есеп схемасын пайдалануға болады. Осындай жағдайда, нормативтік жүктемені ($1 < n_k < 4$ үшін), яғни $n_k \leq 1$ кезінде болатын нормативтік жүктемені мықтылық еселеуіш коэффициентіне бөлу арқылы анықтайды, ал бүйір тұстарында толық жүктеме болады.

Төбе орнықсыз ($n_k \leq 1$) және бүйірлері бірқалыпты орнықты ($1 < n_k < 4$) болғанда, №2 есеп схемасын қолданып, және жоғарыда айтылған жолмен жүреді. Жүктемені осындай жолдармен анықтау негізді, себебі жыныс массивіндегі деформациялар мен ақаулардың дамуы, кернеулердің өсуіне қарай көбейе түседі.

Егер деформацияланатын жыныстар мықтылануға бейім болмаса, онда массивтің деформациясы бұзылу деңгейі массивте болатын кернеулердің мөлшеріне пропорционал келеді. Бекітпеге түсетін нормативтік қысымды анықтауға керекті есептеу формулалары кестелер түрінде келтірілген (2.5, 2.6 және 2.7-кестелер).

Трапеция және тік бұрышты-күмбез пішінді қазбалар үшін есептеу формулалары 2.5-кестеде келтірілген, төбесі орнықсыз және бүйірлері орнықты жыныстар үшін ($n_k \leq 1$; $n_o \geq 4$), сонымен бірге бірқалыпты орнықты төбесі және орнықты бүйірлері бар жыныстар үшін ($1 < n_k < 4$; $n_o \leq 1$) трапеция пішінді қазбаларда (2.6-кесте).

Осындай орнықтылық жағдайларда тік бұрышты-күмбез пішінді қазбалардағы тау қысымын есептеу формулалары 2.7-кестеде келтірілген.

Қазбаның белгілі пішіні мен мөлшерлері болғанда, қысымды есептеу төмендегі тізбекпен жүргізіледі:

- 1) жыныс массивінің беріктік параметрлерін есептейді;
- 2) қазба контуріндегі болатын кернеулерді анықтайды;
- 3) мықтылық еселеуіші мен орнықтылық параметрлерін (бекітпені таңдау үшін) есептейді, 2.4-кестеден есептеу схемасын таңдайды;

4) нормативтік жүктемелерді есептейді (2.5, 2.6, 2.7-кестелердегі формулалармен);

5) есепті жүктемені анықтайды (2.10 - формуламен).

2.5-кесте

Есептеу параметрлері	Қазба қимасының пішіні мен мықтылық еселеуіші			
	$n_k \leq 1$	$n_o \geq 4$	$1 < n_k < 4$	$n_o \geq 4$
Опырылым күмбезінің биіктігі	Трапеция түрлі $e = a / \operatorname{tg} \varphi$		$e^1 = a / (n_k \cdot \operatorname{tg} \varphi)$	
Қысым қарқындылығы (барынша көп)	$q_n = e \cdot \gamma$		$q_n^1 = e^1 \cdot \gamma$	
Бекітпе кәсегінің маңдайшасына түсетін жүктеме	$Q = \frac{4 \cdot a^2 \cdot \gamma \cdot \zeta}{3 \operatorname{tg} \varphi}$		$Q^1 = \frac{4 \cdot a^2 \cdot \gamma \cdot \zeta}{3 \cdot n_k \cdot \operatorname{tg} \varphi}$	
Опырылым күмбезінің биіктігі	Тік бұрышты-күмбезді $e = \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \varphi} \right) - h_0$		$e^1 = \frac{a}{n_k \cdot \operatorname{tg} \varphi} - h_0$	
Нормативтік қысымның қарқындылығы	$q_n = e \cdot \gamma$		$q_n^1 = e^1 \cdot \gamma$	
Нормативтік жүктеме (кәсекке)	$Q = \frac{4}{3} a \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \varphi} - h_0 \right) \cdot \gamma \cdot \zeta$		$Q^1 = \frac{4}{3} a \left(\frac{a}{n_k \cdot \operatorname{tg} \varphi} - h_0 \right) \cdot \gamma \cdot \zeta$	

Ескерту: a - қазбаның бекітпесіз жарты ені; $\operatorname{tg} \varphi$ - ішкі үйкеліс коэффициенті; h_0 - жоба бойынша жасанды күмбездің биіктігі (1-кестені қара); n_k - төбенің мықтылық еселеуіші; ζ - кәсектердің ара қашықтығы.

2.6-кесте

Есептеу параметрлері	Қазбаның трапеция пішінді қимасы және мықтылық еселеуіштері	
	$n_k \leq 1; n_o \leq 1$	$1 \leq n_k < 4; n_o \leq 1$
1	2	3
Опырылым күмбезінің биіктігі	$e_1 = \frac{a + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha + h \cdot \operatorname{ctg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)}{\operatorname{tg} \varphi}$	$e_2 = \frac{e_1}{n_k}$

1	2	3
Төбеден түсетін қысымның қарқындылығы	$q_1 = \epsilon_1 \cdot \gamma$	$q_2 = \epsilon_2 \cdot \gamma$
Кәсек маңдайшасына түсетін жүктеме	$Q_1 = 2 \cdot a \cdot q_1 \cdot \zeta$	$Q_2 = 2 \cdot a \cdot q_2 \cdot \zeta$
Төбе маңындағы бүйір қысымының қарқындылығы	$q_\kappa = \epsilon_1 \cdot \lambda_2$	$q_\kappa^1 = \epsilon_2 \cdot \lambda_2$
Қазба табаны маңындағы бүйір қысымының қарқындылығы	$q_n = (\epsilon_1 + h) \cdot \gamma \cdot \lambda_2$	$q_n^1 = (\epsilon_2 + h) \cdot \gamma \cdot \lambda_2$
Бүйір қысымы	$D_1 = 0,5(q_\kappa + q_n) \cdot h$	$D_1^1 = 0,5(q_\kappa^1 + q_n^1) \cdot h$

Ескерту: a - қазбаның төбесі бойынша жарты ені; α - бүйірдің (тіреудің) еңкею бұрышы; φ - жыныстың ішкі үйкеліс бұрышы; ζ - кәсектердің ара қашықтығы; $\lambda_2 = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ - сусыма ортаның бүйір тойтарыс коэффициенті; h - қазбаның бекітпесіз бйіктігі.

2.7-кесте

Есептеу параметрлері	Қазбаның тікбұрышты-күмбезді пішіні және мықтылық еселеуіштері	
	$n_\kappa \leq 1; n_\theta \leq 1$	$1 < n_\kappa < 4; n_\theta \leq 1$
1	2	3
Опырылым күмбезінің биіктігі	$\epsilon_\kappa = \frac{a + h_1 \cdot \operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{tg} \varphi} - h_0$	$\epsilon_\kappa^1 = \frac{a + h_1 \cdot \operatorname{ctg} \theta}{n_\kappa \cdot \operatorname{tg} \varphi} - h_0$
Тепе-теңдік күмбезінің биіктігі	$\epsilon_1 = \epsilon_\kappa + h_0$	$\epsilon_1^1 = \epsilon_\kappa^1 + h_0$
Төбеден түсетін қысымның қарқындылығы	$q_1^1 = \epsilon_\kappa \cdot \gamma$	$q_2^1 = \epsilon_\kappa^1 \cdot \gamma$
Кәсек маңдайшасына түсетін жүктеме	$Q = 2 \cdot a \cdot q_1^1 \cdot \zeta$	$Q^1 = 2 \cdot a \cdot q_2^1 \cdot \zeta$

1	2	3
Тік қабырға биіктігіндегі бүйір қысымының қарқындылығы	$q_c = \sigma_1 \cdot \gamma \cdot \lambda_2$	$q_c^1 = \sigma_1^1 \cdot \gamma \cdot \lambda_2$
Қазба табаны маңындағы бүйір қысымының қарқындылығы	$q_n = (\sigma_1 + h_1) \cdot \gamma \cdot \lambda_2$	$q_n^1 = (\sigma_1^1 + h_1) \cdot \gamma \cdot \lambda_2$
Бүйір қысымы	$D_1 = 0,5(q_c + q_n) \cdot h_1$	$D_1^1 = 0,5(q_c^1 + q_n^1) \cdot h_1$

Ескерту: a - қазбаның жарты ені; φ - ішкі үйкеліс бұрышы; $\lambda_2 = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ - бүйір тойтарыс коэффициенті; h_1 - тік қабырғаның биіктігі; h_0 - жоба бойынша күмбез биіктігі; ξ - кәсектердің арақашықтығы; $\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ - бүйір жыныс призмаларының жылжу бұрышы.

1-мысал. Берілген деректер бойынша қазбаға түсетін қысымның параметрлерін есептеп, бекітпені таңдаңыз: қазба жүргізетін есепті тереңдік - $H = 700$ м; жыныс қасиеттері: үлгілердің шектік мықтылығы - $\sigma_{сж} = 160$ МПа; $\sigma_p = 12$ МПа; тығыздығы - $\gamma = 2800$ кг/м³; коэффициенттер: $K_c = 0,3$; $\xi = 0,9$; $\lambda_1 = 0,35$. Қазбаның пішіні — тік бұрышты-күмбезді, ені- $B_1 = 4$ м; қораптық күмбездің биіктігі - $h_0 = 1$ м; тік қабырғасының биіктігі $h_1 = 3$ м.

Шешімі. 1. Массивтің физика-механикалық қасиеттерін есептейміз

$$R_{сж} = \sigma_{сж} \cdot K_c \cdot \xi = 160 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 43,2 \text{ МПа};$$

$$R_p = \sigma_p \cdot K_c \cdot \xi = 12 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 3,24 \text{ МПа};$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sigma_{сж} - \sigma_p}{\sigma_{сж} + \sigma_p} = \frac{160 - 12}{160 + 12} = 0,86;$$

$$\varphi = 40,7^\circ.$$

2. Тік бұрышты-күмбез пішінді қазба үшін 2.1-кесте бойынша ($f > 12$ үшін) $K_1 = 2$; $K_2 = 0,4$ деп қабылдаймыз; кернеулерді, мықтылық еселеуіштерін және орнықтылық параметрлерін төмендегі формулалармен есептейміз:

$$\sigma_{\max} = K_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 2 \cdot 2800 \cdot 700 \cdot 10 = 3,92 \cdot 10^7 \text{ Па} = 39,2 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\min} = K_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 0,4 \cdot 0,35 \cdot 2800 \cdot 700 \cdot 10 = 2,74 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,74 \text{ МПа};$$

$$n_{\sigma} = \frac{R_{сж}}{\sigma_{\max}} = \frac{43,2}{39,2} = 1,1 < 4;$$

$$n_{\kappa} = \frac{R_p}{\sigma_{\min}} = \frac{3,24}{2,74} = 1,18 < 4,$$

$$P_y = 10 \cdot \gamma \cdot H / \sigma_{сж} = 10 \cdot 2800 \cdot 700 / 160 \cdot 10^6 = 0,12 > 0,1 > 0,5.$$

Төбесі мен бүйірлері бірқалыпты орнықты, бірақта бүрікпе бетон бекітпесі қажет (2.2-кест.).

6. 2-есеп схемасы, 2.7-кестедегі формулалар бойынша нормативтік жүктемелерді есептейміз, $n_{\sigma} = 1,1$ және $n_{\kappa} = 1,18$ қосымшаларды, $a = \frac{B_1}{2} = \frac{4}{2} = 2$ м ескерсек, опырылым күмбезінің мөлшері мынадай болады:

$$e_{\kappa}^1 = \frac{a + h_1 \cdot \text{ctg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)}{n_{\kappa} \cdot \text{tg}\varphi} - h_0 = \frac{2 + 3 \cdot \text{ctg}\left(45^\circ + \frac{40,7^\circ}{2}\right)}{1,18 \cdot 0,86} - 1 = 2,34 \text{ м}.$$

Мүмкін болатын опырылым күмбезінің биіктігі:

$$e_1^1 = e_{\kappa}^1 + h_0 = 3,34 \text{ м (тік қабырға бойынша)}.$$

Төбеден түсетін қысымның қарқындылығы:

$$q_2^1 = e_{\kappa}^1 \cdot \gamma \cdot 10^{-2} = 2,34 \cdot 2800 \cdot 10^{-2} = 65,52 \text{ кПа} = 65,5 \cdot 10^2 \text{ кгс/м}^2.$$

Қазбаның табанында $\lambda_2 = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{40,7^\circ}{2}\right) = 0,21$.

$$q_n^1 = (e_1^1 + h_1) \cdot \gamma \cdot \lambda_2 = (3,54 + 3) \cdot 2800 \cdot 0,21 = 3728 \cdot 10^{-2} \text{ кгс/м}^2 = 37,3 \text{ кПа},$$

төбесінде:

$$q_c = e_1^1 \cdot \gamma \cdot \lambda_2 = 3,34 \cdot 2800 \cdot 0,21 \cdot 10^{-2} = 19,6 \text{ кПа}.$$

Сызық жүктеме ($n_{\sigma} = 1,10$ түзетпесін есептемегенде):

$$D_2^1 = 0,5 \cdot (q_c^1 + q_n) \cdot h_1 = 0,5 \cdot (19,6 + 37,5) \cdot 10^3 \cdot 3 = 85350 \frac{H}{м}.$$

Қазбаның бүйірлеріндегі мықтылық еселеуішіне байланысты түзетпелерді есептесек:

$$D_1 = \frac{D_2^1}{n_\phi} = \frac{85350}{1,1} = 77591 \frac{H}{м}.$$

Төбе және бүйірлер тұсындағы жүктеменің қарқындылығын бекітпелерді есептеген кезде пайдалануға болады.

Анкерлі бекітпені қолданған да, оның қатарына төбе жақтан түсетін жүктеме мынаған тең (егер анкерлер қатарының арақашықтығы $a_2 = 1$ м болса):

$$Q^1 = 2 \cdot a \cdot q_2^1 \cdot a_2 = 2 \cdot 2 \cdot 65,52 \cdot 10^3 \cdot 1 = 2,63 \cdot 10^5 H = 263 \text{ кН}.$$

2-мысал. Тау қысымын есептеп, мүмкін болатын бекітпелердің түрлерін алдын ала көрсетіңіз. Қазба жүргізілетін тереңдік $H = 500$ м, жыныстар: $f = 7$; $K_c = 0,25$; $\xi = 0,8$; $\lambda_1 = 0,3$; $\gamma = 2600 \text{ кг/м}^3$.

Қазба трапеция пішінді: жарты ені төбе жағынан $a = 1,25$ м; қазбаның жүргізу биіктігі $h = 3$ м; тіреулердің еңкею бұрышы $\alpha = 80^\circ$; кәсектердің ара қашықтығы $\zeta = 0,5$ м.

Шешімі. 1. Жыныс үлгілерінің физика-механикалық қасиеттерін есептейміз:

$$\sigma_{сж} = 10^7 \cdot f = 10^7 \cdot 7 = 70 \text{ МПа}, \quad \sigma_p = 0,1 \cdot \sigma_{сж} = 7 \text{ МПа};$$

$$\operatorname{tg} \varphi = (\sigma_{сж} - \sigma_p) / (\sigma_{сж} + \sigma_p) = (70 - 7) / (70 + 7) = 0,818;$$

$$\varphi = 39,3^\circ.$$

2. Трапеция пішінді қазба үшін $K_1 = 2$ деп қабылдаймыз; $K_2 = 1$ (2.1-кесте) және массивтің беріктігін, контурдағы (қазбаның) кернеулерін, мықтылық еселеуішін және орнықтылық параметрлерін есептейміз:

$$\sigma_{\max} = K_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 2 \cdot 2600 \cdot 500 \cdot 10 = 26 \cdot 10^6 \text{ Па} = 26 \text{ МПа};$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2;$$

$$\sigma_{\min} = K_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 1 \cdot 0,3 \cdot 2600 \cdot 500 \cdot 10 = 3,9 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3,9 \text{ МПа};$$

$$R_{сжс} = \sigma_{сжс} \cdot K_c \cdot \xi = 70 \cdot 0,25 \cdot 0,8 = 14 \text{ МПа}, \quad R_p = 0,1 \cdot R_{сжс} = 1,4 \text{ МПа};$$

$$n_{\sigma} = \frac{R_{сжс}}{\sigma_{\max}} = \frac{14}{26} = 0,539 < 4;$$

$$n_{\kappa} = \frac{R_{сжс}}{\sigma_{\min}} = \frac{1,4}{3,9} = 0,36 < 4;$$

$$P_y = 10 \cdot \gamma \cdot H / \sigma_{сжс} = 10 \cdot 2600 \cdot 500 / (70 \cdot 10^6) = 0,185.$$

Қазбаның төбесі мен бүйірлері орнықсыз ($n_{\kappa} < 1$; $n_{\sigma} < 1$), комбинациялық бекітпені (2.2-кесте), сонымен қатар ағаш және металл бекітпелерді де қолдануға болады (2.3-кесте). Бекітпенің керекті түрін, тау қысымы мен бекітпе элементтерінің конструкцияларының мықты өлшемдерін есептегеннен кейін ғана таңдауға болады.

3. Трапедия пішінді қазба үшін нормативтік жүктемелерді есептейміз ($n_{\kappa} \leq 1$ және $n_{\sigma} \leq 1$ үшін; 2.6-кесте, 2.4, а-сурет.):

Опырылым күмбезінің биіктігі:

$$e_1 = \frac{a + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha + h \cdot \operatorname{ctg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1,25 + 3 \cdot \operatorname{ctg} 80^\circ + 3 \operatorname{ctg} \left(45^\circ + \frac{39,3^\circ}{2} \right)}{0,818} = 4 \text{ м.}$$

Жүктеменің қарқындылығы:

$$q_1 = e_1 \cdot \gamma \cdot g = 4 \cdot 2600 \cdot 10 = 1,04 \cdot 10^5 \text{ Н / м}^2 = 0,1 \text{ МН / м}^2.$$

Маңдайшадағы жүктеме:

$$Q_1 = 2 \cdot a \cdot q_1 \cdot \zeta = 2 \cdot 1,25 \cdot 0,1 \cdot 0,5 = 0,125 \text{ МН.}$$

Төбе тұсындағы бүйір жүктеменің қарқындылығы:

$$q_{\kappa} = e_1 \cdot \lambda_2 = q_1 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 0,1 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{39,3^\circ}{2} \right) = 0,023 \text{ МН.}$$

Табандағы бүйір жүктеменің қарқындылығы:

$$q_n = (e_1 + h) \cdot \gamma \cdot \lambda_2 = (4 + 3) \cdot 2600 \cdot 0,224 = 40700 \text{ Н / м}^2 = 0,04 \text{ МН / м}^2.$$

Бүйір қысымы:

$$D_1 = 0,5 \cdot (q_{\kappa} + q_n) \cdot h = 0,5 \cdot (0,023 + 0,04) \cdot 3 = 0,0945 \text{ МН / м.}$$

Егер аркалы бекітпені қолданған кезде, 2.4, ә-суреттегідей есеп схемасы құрастырылуы керек.

3. ҚҰРЫЛЫС НОРМАЛАРЫ МЕН ЕРЕЖЕЛЕРІ (СНиП тер) БОЙЫНША ҚАЗБА КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНА ТҮСЕТІН ЕСЕПТІ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ АНЫҚТАУ

3.1. Жазық қазбалар айналасындағы жыныстардың орнықтылығын олардың ығысу мөлшері бойынша анықтау, бекітпенің түрін таңдау

Тау қазбаларындағы жыныстардың орнықтылығын бағалау және бекітпелерді таңдау СНиП II-94-80 бойынша жүргізіледі [10].

Жазық және көлбеу қазбалардағы бекітпелердің түрін таңдау және оның параметрлерін есептеу - тазалау жұмыстарының және басқа қазбалардың әсер ету дәрежесін ескере отырып, жыныстардың орнықтылық категорияларына байланысты жүргізіледі. Жыныстардың орнықтылық категориясын анықтаудың критерийі ретінде қазбаның көлденең қимасы контурының бекітпесіз бүкіл қызмет мезгілінде ығысу (U) мөлшерін қабылдау ұсынылады.

Жыныстардың орнықтылық категориялары 3.1-кестеде келтірілген.

3.1-кесте

Категория	Жыныстардың орнықтылық жағдайын бағалау	Ығысулар U , мм		
		Шөгінді жыныстар	Атқылама жыныстар	Тұзды жыныстар
I	Орнықты	50 дейін	20 дейін	200 дейін
II	Орташа орнықты	50-200	20-100	200-300
III	Орнықсыз	200-500	100-200	300-500
IV	Өте орнықсыз	500 артық	200 артық	500 артық

Қазбаларды орнықтылықтың қандай категориясына жатқызуды, оның көлденең қимасының контурындағы жыныстардың ең үлкен ығысуының абсолюттік мөлшерлері бойынша жүргізу керек. Олар қазбаның төбесінде, табанында және бүйірлерінде дифференциалды түрде анықталады.

Шөгінді және атқылама жыныстарда орналасқан жазық және көлбеу қазбалардың ығысу мөлшерін мынадай формуламен анықтауға болады:

$$U = \kappa_{\alpha} \cdot \kappa_{\theta} \cdot \kappa_s \cdot \kappa_{\epsilon} \cdot \kappa_t \cdot U_T, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

мұндағы κ_{α} - жыныстардың жатыс бұрышының және қазба бағытының жыныстардың созылымына қатынасының әсер ету коэффициенті, 3.2-кестедегі деректер бойынша анықталады;

κ_{θ} - жыныстардың ығысу бағытының коэффициенті: төбе немесе табан (тік бағытта) тұстарындағы ығысуды анықтаған кезде $\kappa_{\theta} = 1$, ал жыныстардың бүйір ығысуын (жазық бағытта) анықтаған кезде 3.2-кесте бойынша анықталады;

κ_s - қазбаның өлшемдерінің әсер ету коэффициенті,

$\kappa_s = 0,2 \cdot (B - 1)$ формуласымен анықталады,

мұндағы B - қазбаның жүргізгендегі оның ені (қара), м;

κ_{ϵ} - басқа қазбалардың әсер ету коэффициенті, жеке-дара қазбалар және камералар үшін $\kappa_{\epsilon} = 1$; қазбалардың біржақты түйіскенінде $\kappa_{\epsilon} = 1,4$; күрделі екі жақтан түйіскен кірмелерде немесе қиылысқан қазбаларда $\kappa_{\epsilon} = 1,6$; параллель қазбаларда мына формуламен:

$$\kappa_{\epsilon} = \frac{B_1 + B_2}{\zeta} \cdot \kappa_{\zeta},$$

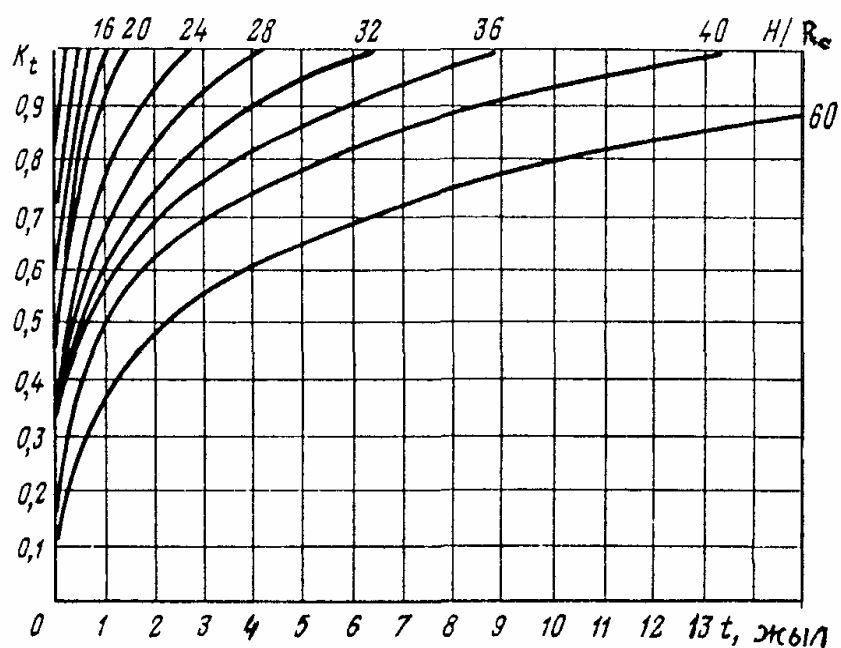
мұндағы ζ - қазбалардың арақашықтығы, м ;

$B_1 + B_2$ - бір-біріне әсер ететін қазбалардың жүргізу кезіндегі ендерінің қосындысы, м ;

κ_{ζ} - арнайы кесте бойынша анықталатын коэффициент;

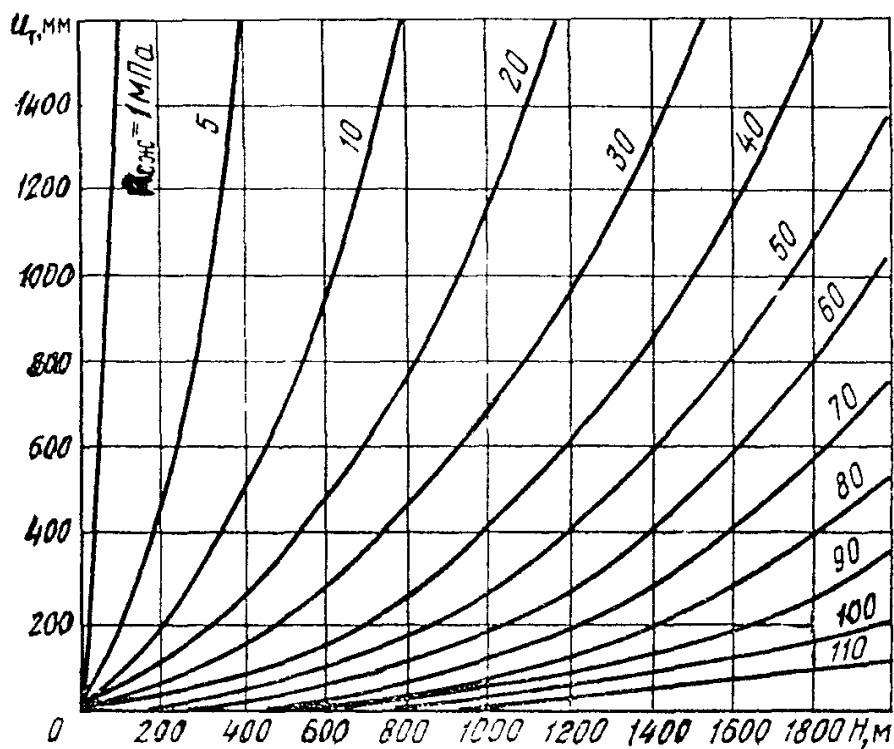
κ_t - бекітпені тұрғызу уақытының әсер ету коэффициенті, қазбалардың қызмет уақыты 15 жылдан артық болғанда $\kappa_t = 1$, ал уақыт 15 жылдан кем болса 3.1-суретте келтірілген графиктер бойынша анықталады.

Қазба жүргізу бағыты	κ_α және κ_θ коэффициенттері жыныстардың жатыс бұрышында											
	20° дейін		20°-30°		30°-40°		40°-50°		50°-60°		60°-70° жоғары	
	κ_α	κ_θ	κ_α	κ_θ	κ_α	κ_θ	κ_α	κ_θ	κ_α	κ_θ	κ_α	κ_θ
Созылым бойынша	1,0	0,35	0,95	0,55	0,80	0,80	0,65	1,2	0,60	1,70	0,60	2,25
Созылымға көлденең	0,70	0,55	0,60	0,80	0,45	0,95	0,25	0,95	0,20	0,80	0,15	0,55
Созылымға бұрышпен	0,85	0,45	0,80	0,65	0,65	0,90	0,45	1,05	0,35	1,10	0,35	0,95



3.1-сурет. κ_t - коэффициентінің қазба қызмет уақытына t байланыстылығы

U_T - жыныстардың типтік ығысу мөлшері, мм, 3.2-суретте келтірілген график бойынша жыныстардың сығылуға есепті кедергісіне R_c және қазбалардың есепті орналасу тереңдігіне H байланысты анықталады.



3.2-сурет. Жыныстардың типтік ығысуының U_T оның мықтылығымен R_c және қазбаның тереңдігімен H байланыстылығы

Ең үлкен ығысуды анықтағаннан кейін, жыныс массивінің орнықтылығы және орнықтылық категориясы анықталады (3.1-кесте), бекітпелердің алдын ала керекті түрлері таңдалады.

Тазалау жұмыстары мен басқа қазбалар әсер етпеген кезде, шөгінді және атқылама жыныстарда жүргізілген қазбаларда мына бекітпелерді қолдану ұсынылады:

- орнықтылығы I категориялы жыныстарда - анкерлі немесе қалыңдығы 30 мм бүрікпе бетон бекітпелері. Тұтас, жарықшақтары аз жыныстардағы қазбаларды бекітпесіз қалдыруға болады;

- орнықтылығы II категориялы жыныстарда — тұтас бетон бекітпесі, комбинациялық - қалыңдығы 50 мм-ден кем емес бүрікпе бетон анкерлер және металл тормен, кәсекті бекітпені темір-бетон тіреуіштері металл маңдайшаларымен, құрастырмалы тубингтерді, кері күмбезсіз металл отырмалы бекітпені, металл аркалық бекітпені бүрікпе бетон жабындысымен бірге және бекітпе сыртын тампонаждау арқылы;

- орнықтылығы III және IV категориялы жыныстарда - құрастырылмалы тубинг және кәсек, ал тиісті негіздеген кезде металл-бетон, металл отырмалы және анкер-металл бекітпелері.

Орнықтылығы III және IV категориялы шөгінді жыныстарда және IV категориялы атқылама жыныстарда - бекітпелер әлбетте кері күмбезді болуы тиіс.

Орнықтылығы IV категориялы жыныстарда орналасқан жазық және көлбеу қазбаларда, сонымен бірге тазалау жұмыстарының және басқа қазбалардың әсері болса, конструктивті отырмалылығы бар бекітпелерді қолданған жөн.

Кәсекті бекітпелерде қатты құрастырылмалы темір-бетон және иілмелі (металл тордан, шынылы маталлдардан) кәсекаралық тартпа қоршаулар қолданылуы тиіс.

Жазық қазбалардың түйіспелерінде ең аз өлшемдері бар бетон тіреулері қарастырылуы керек: ұзындығы бойынша - 2000 мм, ал түйіспенің бұрышы тұсынан ені бойынша — 500 мм.

Жазық және көлбеу қазбалардың орнықтылығы I категориялы жыныстары үшін бекітпелерді жобалаған кезде олардың параметрлерін есептеусіз қабылдауға рұқсат етіледі.

Орнықтылығы II, III және IV категориялы жыныстар үшін қазбалардың бекітпелерін таңдау және конструктивтік параметрлерін есептеу, жыныстардың күтілген ығысуларын және бекітпелерге түсетін жүктемелерді есептеу негізінде, бекітпелерді тұрғызу және қазбаларды жүргізу технологиясын ескере отырып жасалуы тиіс.

3.2. Жазық қазбалардың бекітпелеріне тау қысымынан түсетін есепті жүктемелерді анықтау (СНиП II-94-80)

Бекітпелердің барлық түрлеріне, кәсекті отырмалылардан басқа, түсетін есепті жүктемені төбесінде, бүйірлерінде және табанында жеке-жеке, ал жыныстардың құлау бұрышы α 20^0 -дан 50^0 -ге дейін және созылымына нормальды болғанда, мына формула арқылы анықтайды:

$$P = K_n \cdot K_n \cdot m_g \cdot P^n, \text{ кПа}, \quad (3.2)$$

мұндағы P^n - бекітпеге түсетін нормативтік жүктеме, кПа (тс/м²);

K_n - артық жүктеме коэффициенті, 3.3-кесте бойынша қабылданады;

K_n - коэффициент, басты ашу қазбалары үшін $K_n = 1,1$, басқалары үшін $K_n = 1$ деп қабылданады;

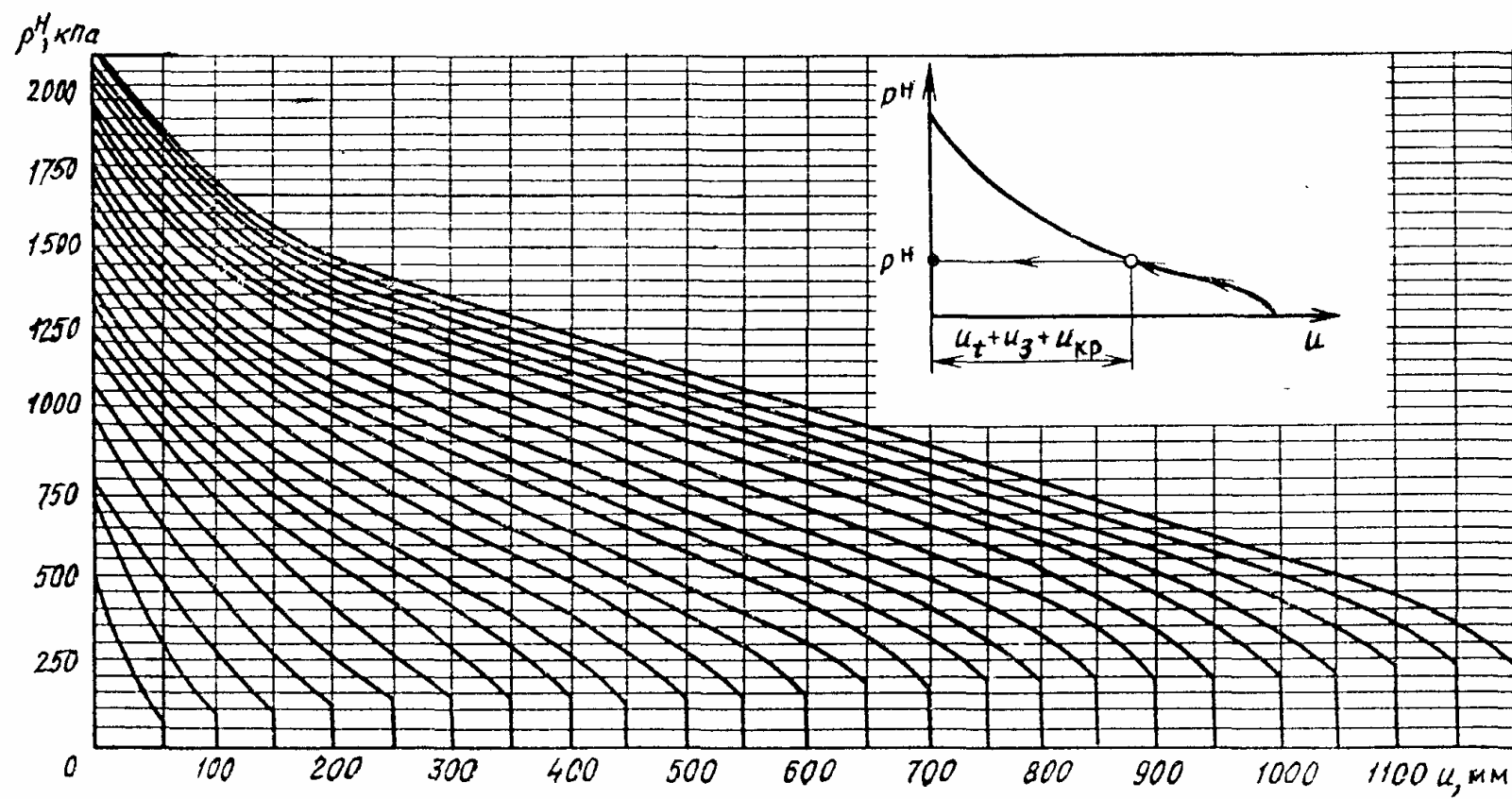
m_g - қазбаны жүргізу жағдайы коэффициенті, бұрғылау-аттыру әдісінде $m_g = 1$, ал комбайндық әдісте - 3.4-кесте бойынша қабылданады.

3.3-кесте

Ығысу мөлшері U , мм	K_n коэффициенті	
	Басты ашу қазбалары	Магистральды және басқа қазбалар
50-ге дейін	1,25	1,10
50-200	1,10	1,05
200-500	1,05	1,00
500-ден артық	1,00	1,00

3.4-кесте

H/R_c қатынасы	1,6 дейін	1,6-2,0	2,0-2,5	2,5 жоғары
m_g коэффициенті	0,6	0,8	0,9	1,1



3.3-сурет. Нормативтік жүктеменің ығысуға байланыстылығы

Бекітпеге түсетін нормативтік жүктеме 3.3-суреттегі график бойынша бекітілмеген қазбаның бүкіл қызмет уақытындағы контурының ығысуына U және бекітілген қазба контурының ығысуына U_k байланысты анықталады:

$$U_k = U_t + U_3 + U_n, \text{ мм}; \quad (3.3)$$

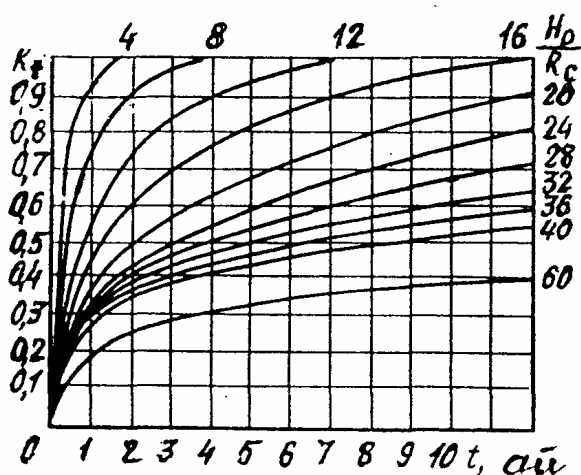
мұндағы U_t - бекітпе орнатқанға дейінгі ығысу, мм;

$$U_t = U \cdot K_t, \text{ мм};$$

K_t - бекітпе орнатқанға дейінгі уақыттың, жыныстардың ығысуына әсер ету коэффициенті, 3.4-суреттегі график бойынша анықталады;

U_3 - бітемелеу материалдарының сығылуынан болатын ығысу, ол материалдардың сығымдалу қасиетіне, бітемелеу қабатының қалыңдығына және бекітпеге түсетін есепті жүктемеге байланысты.

Ұнтақталған жыныстардан болатын бітемелеу материалдары үшін, U_3 мөлшері бітемелеу қабатының қалыңдығының 25% тең деп алуға болады. Бітемеленбейтін бекітпелерде U_3 қабылдамауға болады (анкерлі, бүрікпе бетон).



3.4-сурет. K_t коэффициентінің қазбаның қызмет ету уақытына байланыстылығы (t бір жылдан кем болғанда)

Бекітпенің конструктивтік отырмалылығы U_n , оның техникалық сипаттамасы бойынша қабылданады (3.5-кесте).

3.5-кесте

Бекітпенің отырмалық мөлшерлері (мм)

Тұтас бетон		Металл отырмалы		Анкер-лі	Бүрік-пе бетон	Тюбингті		Кәсекті (бетон, темір-бетон)
Бір-жолды қазба	Екіжолды қазба	Арка-лы	Сақи-налы			Темір-бетон	Металл	
20	40	300	350	20-40	$0,01 \cdot B$	100	150	300

Кәсекті отырмалы бекітпелерге түсетін есепті жүктемелерді мамандандырылған мекемелердің әдістемелері бойынша анықтайды.

СНиП II-94-80 талаптары бойынша жоғарыда қарастырылған әдістемелерді пайдалана отырып, әртүрлі бекітпелер үшін ұсынылатын орнықтылық категориялары (ығысу мөлшері бойынша) 3.6-кестеде жинақталып келтірілген [11].

Мысал. Тау қазбаларын қоршаған жыныстардың ығысу мөлшері бойынша орнықтылық категориясын анықтаңыз, бекітпелердің түрлерін таңдап тау қысымынан болатын есепті жүктемелерді анықтаңыз. Берілген деректер: қазбаның ені $B=3,3$ - ; жүргізілетін тереңдігі $H=1100$ - ; жыныстардың жатыс бұрышы $\alpha = 25^0$; жыныстар шөгінді; тығыздығы $\gamma = 2400$ - - /-³; сығылуға мықтылығы $\sigma_{сж} = 37,5$ МПа; құрылымдық әлсіреу коэффициенті $K_c = 0,9$; қазбаның бағыты жыныстардың созылымы бойынша; қазбаның қызмет уақыты $T = 10$ жыл; негізгі бекітпені орнатқанға дейінгі уақыт $t = 20$ күн; қазбаны жүргізу әдісі - бұрғылау-аттыру жұмыстары.

№ к/к	Бекітпе түрі	Қазбаның пішіні	Орнықтылық категориялары (ығысу мөлшерімен)
1	Бекітпесіз	күмбезді	I
2	Бүрікпе бетон	күмбезді	I
3	Темірбетон анкерлері	күмбезді	I
4	Металл анкерлері	күмбезді	I
5	Комбинациялы-анкер және бүрікпе бетон	күмбезді	I, II
6	Аркалы арнайы профильден	аркалы	II
7	Аркалы арнайы профильден	кері күмбезді	II, III
8	Дөңгелек арнайы профильден	дөңгелек	II, III
9	Металдан	трапеция түрлі	II
10	Тұтас бетон	күмбезді	II
11	Тұтас бетон	дөңгелек	II, III
12	Бетон кесектерінен	аркалы	II
13	Бетон кесектерінен	дөңгелек	II, III
14	Кәсекті темір-бетоннан	трапеция түрлі	II
15	Темір-бетон тубингі	аркалы	II, III
16	Темір-бетон тубингі	дөңгелек	III, IV
17	Тұтас темір-бетон	күмбезді	II, III
18	Тұтас темір-бетон	дөңгелек	III, IV
19	«Монолит» бекітпесі	күмбезді	II, III

Шешімі. 1. Жыныстардың қазба төбесі мен бүйірлеріндегі ығысуын анықтаймыз:

$$U = \kappa_{\alpha} \cdot \kappa_{\theta} \cdot \kappa_s \cdot \kappa_{\theta} \cdot \kappa_t \cdot U_T, \text{ мм},$$

ол үшін алдымен жыныс массивінің мықтылық шегін табамыз:

$$R_c = \sigma_{сж} \cdot K_c = 37,5 \cdot 0,9 = 33,75 \text{ МПа}.$$

3.2-кестеден коэффициенттер K_{α} және K_{θ} табамыз:

қазба төбесінде $K_{\alpha} = 0,95$; $K_{\theta} = 1,0$,

қазба бүйірлерінде $K_{\alpha} = 0,95$; $K_{\theta} = 0,55$.

Қазба өлшемінің әсер ету коэффициенті:

$$K_s = 0,2 \cdot (B - 1) = 0,2 \cdot (3,3 - 1) = 0,46.$$

Жеке қазба үшін $K_g = 1$.

Қазбаның қызмет уақыты $T = 10$ жыл болғандықтан, 3.1-суреттегі графиктен K_t коэффициентін табамыз:

$$H / R_c = \frac{1100}{33,75} = 32,6; \quad K_t = 1.$$

Жыныстардың типтік ығысу мөлшерін 3.2-суреттегі график бойынша анықтаймыз:

$$U_t = 750 \text{ мм.}$$

Қазбаның бүкіл қызмет уақыты үшін төбедегі ығысуды анықтаймыз:

$$U^k = 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 750 = 328 \text{ мм.}$$

Қазбаның бүйірлеріндегі ығысу:

$$U^b = 0,95 \cdot 0,55 \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 750 = 180 \text{ мм.}$$

Осы ығысулардың ең үлкен мөлшері $U = 328 \text{ мм}$ бойынша жыныс массивінің орнықтылығын бағалаймыз, ол орнықсыз деп сипатталады. 3.1-кестеден, шөгінді жыныстарды III-категориялы орнықтылыққа жатқызамыз.

Табылған орнықтылық категориясы бойынша 3.6-кестеден, техникалық жағынан қолдануға болатын бекітпелердің түрлерін қабылдаймыз: аркалы арнайы профильден кері күмбезді, аркалы темір-бетон тубингті, тұтас темір-бетон күмбезді.

Қазбаның үлкен тереңдікте орналасуына және жоғары тау қысымының болуына байланысты келесі есептеулерге күмбезді тұтас темір-бетон бекітпесін қабылдаймыз.

2. Қабылданған бекітпенің төбесіне (тік бағытта) және бүйірлеріне (жазық бағытта) түсетін есепті жүктемелерді анықтаймыз:

$$P = K_n \cdot K_h \cdot m_g \cdot P^u, \quad \text{кПа}.$$

3.3-кестеден, кәдімгі қазбалар үшін табылған ығысулардың мөлшеріне қарай, $U^k=328$ - - , $U^b=180$ - - артық жүктеме коэффициентін қабылдаймыз: $K_n = 1,0$; осы қазба үшін $K_h = 1,0$; $m_g = 1$ (БАЖ болғанда).

Бекітпеге түсетін нормативтік жүктеме- і P'' қазбаның төбесі мен бүйірлері үшін 3.3-суреттегі график бойынша анықтаймыз. Ол үшін алдымен бекітпе жасалынған қазбаның ығысуын анықтаймыз:

$$U_{\kappa} = U_t + U_3 + U_n, \text{ мм},$$

$U_t = U \cdot K_t$, мм, R_t -коэффициентін 3.4-суреттегі графиктен табамыз, негізгі бекітпені орнатқанға дейінгі уақыт $t = 20$ күн болғанда, $K_t = 0,2$.

Бекітпе орнатқанға дейінгі төбедегі ығысу:

$$U_T^{\kappa} = 328 \cdot 0,2 = 65,6 \text{ мм}.$$

Бүйірлердегі ығысу:

$$U_T^{\phi} = 180 \cdot 0,2 = 36 \text{ мм}.$$

Бітемелеу материалдары-ұнтақталған жыныстардың тұтас темір-бетон бекітпесінің сыртында сығылуынан болатын ығысуды бітемелеу қабатының ($\delta = 100$ мм) 25% тең деп қабылдаймыз, яғни:

$$U_3 = 100 \cdot 0,25 = 25 \text{ мм}.$$

Бекітпенің конструктивтік отырмалылығын U_n 3.5-кестеден табамыз:

$$U_n = 20 \text{ мм}.$$

Бекітпе жасалғаннан кейінгі қазбаның қосынды ығысуын есептейміз:

$$\text{төбедегі} \quad U_{\kappa}^{\kappa} = 65,6 + 25 + 20 = 110,6 \text{ мм},$$

$$\text{бүйірлердегі} \quad U_{\kappa}^{\phi} = 36 + 25 + 20 = 81,0 \text{ мм}.$$

Бекітпенің төбесіне түсетін нормативтік жүктеме (3.3-сурет):

$$P_{\kappa}'' = 750 \text{ кПа},$$

бүйірлерге түсетін нормативтік жүктеме:

$$P_{\phi}'' = 450 \text{ кПа}.$$

Қазба бекітпесінің төбесіне және бүйірлеріне түсетін есепті жүктемелер:

$$P_{\kappa} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 750 = 750 \text{ кПа}.$$

Осы бөлім бойынша тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы

Қазба айналасындағы жыныстардың орнықтылық категориясын анықтаңыз, бекітпенің түрін таңдап тау қысымынан болатын есепті жүктемені анықтаңыз. Бастапқы деректер 3.7-кестеде келтірілген.

3.7-кесте

Бастапқы деректер

Берілген деректер		Варианттар										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Қазба ені В, м	2,80	3,67	4,47	3,0	3.35	3.50	3.0	2.70	3.95	4.50	3.35
2	Қазба жүргізетін тереңдік Н, м	800	500	400	800	600	100	200	400	700	600	1100
3	Жыныстардың жатыс бұрышы α , град	15	22	25	50	60	15	35	25	28	35	25
4	K_c	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,8	0,9
5	$\sigma_{сж}$, МПа	100	50	60	40	45	30	30	40	45	55	40
6	Қазбаның қызмет уақыты Т, жыл	20	25	15	22	30	18	15	23	12	15	10
7	Қазбаны жүргізу бағыты	созылымға көлденең	созылым бойымен	созылымға бұрышпен	созылымға бұрышпен	созылымға көлденең	созылымға көлденең	созылым бойымен	созылым бойымен	созылымға көлденең	созылым бойымен	созылым бойымен
8	Бекітпені орнатқанға дейінгі уақыт t, күндер	200	25	30	15	20	1	2	2	1	7	20
9	Қазу әдісі	БАЖ	БАЖ	БАЖ	комбайн	БАЖ	комбайн	комбайн	БАЖ	БАЖ	БАЖ	БАЖ

БАЖ – бұрғылау-аттыру жұмыстары.

3.3. Көлік тоннелінің қаптамасына тау қысымынан түсетін есепті жүктемені анықтау (СНиП II-44-78)

Тоннельдің қаптамасына (бекітпесіне) түсетін жүктемені қазбаның орналасу тереңдігі мен мөлшерлеріне байланысты анықтайды. Сонымен қатар, құрылыстың климаттық, инженерлік-геологиялық, гидрогеологиялық және сейсмикалық жағдайларын, қаптаманың конструкциясын, жұмыс жүргізу әдістерін, көрші қазбалардың орналасуын және көлік жабдықтарының түрлерін ескеру қажет болады [12].

Қатты жарықшақты жыныстар массивінде, жарықшақтар 2 және одан көп жазықтарда, жарықшақтардың орташа ара қашықтығы $e_T > 0,04 \cdot B$ және жыныстың бекемдік коэффициенті $f > 4 + 0,005 \cdot H$ болғанда, көлік тоннелінің қаптамасына түсетін тау қысымының мөлшерін күмбездің (төбедегі) және қазба қабырғалары көлеміндегі құлайтын жыныстың салмағы бойынша анықтауға болады.

Опырылыстан болатын нормативтік тау қысымын 3.8-кестеде келтірілген формулалармен есептеп анықтайды.

3.8-кесте

Массивтегі жарықшақтардың орташа ара қашықтығы e_T , м	Нормативтік тау қысымы, Па	
	Тік бағыттағы q''	Жазық бағыттағы p''
$0,04 \cdot B < e_T < 0,08 \cdot B$	$0,6 \cdot \gamma \cdot B \cdot g$	$0,19 \cdot \gamma \cdot h \cdot g$
$0,08 \cdot B < e_T \leq 0,17 \cdot B$	$0,35 \cdot \gamma \cdot B \cdot g$	0
$0,17 \cdot B < e_T$	0	0

мұндағы B -қазбаның ені немесе диаметрі, м;

f -жыныстың бекемдік коэффициенті;

H -қазба жүргізетін тереңдік, м;

h -қазбаның биіктігі (немесе диаметрі), м;

γ -жыныстың тығыздығы, $кг/м^3$;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Бір жүйедегі жарықшақтары бар массив үшін 3.8-кесте бойынша қабылданған нормативтік тау қысымының мөлшерін төмендетуші коэффициентке K көбейту керек, ол тоннель осі мен жарықшақтар жүйесінің созылым бағыты арасындағы бұрышқа α байланысты қабылданады:

$$\alpha = 45^\circ \text{ үшін } K = 0,7, \quad 45^\circ < \alpha \leq 90^\circ \text{ үшін } K = 0,4.$$

Тік тау қысымын ені $0,25 \cdot B$ алаңшықта біркелкі тарайды деп, ал жазық қысымды - қазбаның бар биіктігі бойынша біркелкі таралады деп қабылдау керек.

Орнықсыз жарықшақты қатты жыныстарда, массив жарықшақтарының орташа ара қашықтықтары $e_T \leq 0,04 \cdot B$ немесе $f \leq 4 + 0,005 \cdot H$ болғанда, сонымен қатар ірі кесекті, құмдас және сазды жыныстарда тау қысымының мөлшерін күмбез контуры және опырылыс жазықтықтары қоршаған кеңістіктегі жыныстың салмағы бойынша қабылдайды (3.5-сурет).

Қазбаның жоғары нүктесі үстіндегі опырылыс күмбезінің енінің ζ және биіктігінің h_1 мөлшерін мына формулалармен анықтайды:

$$\zeta = B + 2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi^\kappa}{2} \right); \quad (3.4)$$

$$h_1 = \frac{\zeta}{2 \cdot f};$$

мұндағы φ^κ - ұқсастық ішкі үйкеліс бұрышы, *град*.

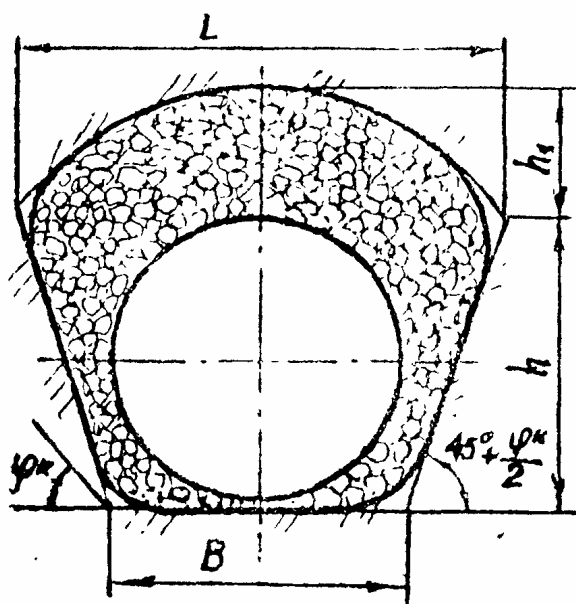
Күмбездену болған жағдайда тоннель қаптамасына нормативтік тау қысымынан түсетін жүктемені қазбаның ені (диаметрі) мен биіктігі бойынша біркелкі таралады деп қабылдау керек.

Осыған байланысты тік q'' және жазық P'' нормативтік тау қысымдарын төмендегі формулалармен есептеу керек:

$$q'' = K_p \cdot \gamma \cdot h_1 \cdot g, \quad P'' = \gamma \cdot g \cdot (K_p \cdot h_1 + 0,5 \cdot h) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi^\kappa}{2} \right), \quad (3.5)$$

мұндағы K_p - жыныс массивінің жұмыс жағдайы коэффициенті; орнықсыз және жарықшақты жыныстарда $f \leq 4$

жүргізілетін тоннельдерде 3.9-кесте бойынша қабылданады, ал басқа жағдайларда $K_p = 1$.



3.5-сурет. Опырылыс күмбезінің схемасы

Орнықсыз жыныстарда күмбездену мүмкін болмағанда, опырылыс күмбезінің төбесінен жер бетіне дейінгі қашықтық күмбез биіктігінен кем болса, онда тау қысымының мөлшерін тоннель үстіндегі барлық жыныс қабатының салмағы бойынша қабылдау керек.

Бұл жағдайда тік q^n және жазық P^n нормативтік тау қысымдарының мөлшерлерін төмендегі формулалар арқылы анықтайды:

$$q^n = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot H_i \cdot g, \quad P^n = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot H_i \cdot g \cdot \operatorname{tg} \cdot \left(45^\circ - \frac{\varphi^k}{2} \right), \quad (3.6)$$

мұндағы γ_i - жыныстардың кезекті қабаттарының тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$;

H_i - қазба үстіндегі тақталанған қабаттардың қалыңдығы, м ;

n - қабаттар саны;

$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

№ к/к	Жыныстардың түрлері	Жыныстардың сипаттамасы			K_p
		$\gamma, \text{ тс/м}^2$	$\varphi^*, \text{ град}$	f	
1	Орташа беріктігі бар қатты жыныстар (су тұтқан жағдайдағы сығылуға уақытша кедергісі $\sigma_{\text{ср}} = 250 - 400 \text{ кгс/см}^2$) - аз жарықшақты	2,8	70	4	1,6
	- күшті жарықшақты	2,4	65	2	1,8
2	Әлсіз қатты жыныстар ($\sigma_{\text{ср}} = 80 - 250 \text{ кгс/см}^2$): - аз жарықшақты	2,5	70	2,5	1,7
	- жарықшақты	2,0	60	1,5	1,5
	- күшті жарықшақты	1,8	60	0,8	1,2
3	Мергельді жоғарытасты-көмірлі саздар: - саздар	1,8	60	1,0	2,0
	- саздар	1,8	40	0,8	1,5
	- саздар	1,8	30	0,6	1,3

Ескерту. 1. Сазды жыныстарда тоннель жүргізу тереңдігі 45 м-ден артық болса, K_p мөлшерін нақты жергілікті жағдайларға және қазба тереңдігіне байланысты үлкейту керек.

2. Жыныстың жарықшақтық дәрежесі жарықшақтардың ара қашықтығымен және жыныс кесектерінің көлемімен сипатталады:

- *аз жарықшақты* — жарықшақтардың өз ара қашықтығы 0,5 м-ден артық, кесектің көлемі $0,1 \text{ м}^3$ -ден көп;

- *жарықшақты* — жарықшақтардың ара қашықтығы 0,25-0,5 м, кесектердің көлемі $0,01-0,1 \text{ м}^3$;

- *күшті жарықшақты* — жарықшақтардың ара қашықтығы 0,25 м-ден аз, кесектердің көлемі $0,01 \text{ м}^3$ -ден аз.

Тоннель қаптамаларының мықтылығын мен орнықтылығын есептеген кезде, керек болатын есепті жүктемені нормативтік жүктеменің мөлшерін артық жүктеме коэффициентіне көбейту арқылы табады (3.10-кесте, СНиП II-44-78).

3.10-кесте

Жүктемелер мен әсерлер	Артық жүктеме коэффициенті K_n
Жекеленген опырылыстардың салмағынан болатын тау қысымы:	
- тік	1,4
- жазық	1,2
Күмбезденгенде:	
- тік	1,5
- жазық	1,8 (1,2)
Жоғары жатқан жыныс қалыңдығының салмағынан:	
- тік	1,1
- жазық	1,3 (0,9)
Гидростатикалық қысым	1,1 (0,9)
Конструкциялардың өзіндік салмағы:	
- құрастырылма	1,1 (0,9)
- тұтас (монолит)	1,2 (0,8)
Алдын ала кернеуленуі	1,3 (0,7)

Ескерту. Жақша ішінде көрсетілген артық жүктеме коэффициенттерінің мөлшерлерін мына жағдайларда қабылдау керек: жүктеменің азаюы, тоннель қаптамасының көбірек тиімсіз жүктелуіне әкелсе.

Мысал. Көлік тоннелінің қаптамасына тау қысымынан болатын жүктеменің мөлшерін анықтаңыз. Берілген деректер: тоннельдің ені $B = 7$ м; биіктігі $h = 5,5$ м; жүргізу тереңдігі $H = 30$ м; массив жарықшақтарының орташа ара қашықтығы $b_T = 0,8$ м; жыныстардың тығыздығы $\gamma = 2,3$; бекемдік коэффициенті $f = 6$; тоннель осымен

жарықшақтар созылымы арасындағы бұрыш $\alpha = 40^\circ$; жарықшақтар жүйесінің саны -1 ; ұқсастық ішкі үйкеліс бұрышы $\varphi^r = 80^\circ$.

Шешімі. Көлік тоннелінің қаптамасына түсетін тау қысымын, жарықшақты қатты жыныстар массиві үшін анықтаймыз:

$$\text{себебі } \sigma_T > 0,4 \cdot B = 0,4 \cdot 7 = 0,28 \text{ м}, \quad 0,8 > 0,28 \text{ м.}$$

$$f = 6 > 4 + 0,005 \cdot H = 4 + 0,005 \cdot 30 = 4,15, \quad f = 6 > 4,15.$$

$$\sigma_T < 0,08 \cdot B = 0,08 \cdot 7 = 0,56, \quad \sigma_T = 0,8 > 0,56.$$

$$0,08 \cdot B < B_T \leq 0,17 \cdot B, \quad 0,08 \cdot 7 < 0,8 \leq 0,17 \cdot 7,$$

$$0,56 < 0,8 \leq 1,19.$$

Олай болса, нормативтік тік тау қысымы:

$$q^n = 0,35 \cdot 2,3 \cdot 7 \cdot 10 = 56,35 \text{ кПа.}$$

Нормативтік жазық қысым:

$$P^n = 0.$$

Есепті жүктеме нормативтіктің артық жүктеме коэффициентіне K_n көбейту арқылы анықтайды.

3.10-кестеден K_n мағынасын қабылдаймыз $K_n = 1,4$.

Тік есепті жүктеме:

$$q_p = K_n \cdot q^n = 1,4 \cdot 56,35 = 78,9 \text{ кПа.}$$

Тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы

Көліктік тоннельдің қаптамасына, тау қысымынан болатын жүктемені анықтаңыз. Керекті деректерді 3.11-кестеден алыңыз.

3.11-кесте

Бастапқы деректер

Вар. №	B , м	h , м	H , м	σ_T , м	γ , т/м ³	f	φ^r , град	Жарықшақтар жүйесінің саны	α , град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	7,0	6,0	50	0,4	2,5	8	83	1	30
1	7,5	6,0	80	0,4	2,0	2	63	2	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	8,0	7,0	40	-	1,8	1	43	-	-
3	7,0	6,0	100	-	1,8	0,8	39	-	-
4	5,5	5,5	80	0,3	2,4	6	80	2	-
5	6,0	6,0	120	-	1,6	0,8	39	-	-
6	6,0	6,0	140	0,2	2,5	3	72	2	-
7	8,0	5,5	80	-	1,5	0,6	31	-	-
8	12	6,0	100	0,3	2,4	2	63	2	-
9	8,0	6,0	70	-	2,0	1,5	56	-	-
10	7,0	5,5	30	0,8	2,3	6	80	1	40

3.4. Метрополитен тоннел- дері - - - станцияларының қаптамасына, тау қысымынан болатын есепті жүктемелерді анықтау (СНиП II-40-80)

Қаптамаларға тау қысымынан болатын жүктемелердің мөлшерлерін инженер-геологиялық ізденістердің және экспериментальды зерттеулердің нәтижелері негізінде анықтау керек.

Тау қысымынан түсетін тік және жазық жүктемелер, сонымен бірге ашық әдіспен жұмыстар жүргізгендегі жыныстар қысымынан болатын тік жүктемелер, қазбаның ені мен биіктігі бойынша біркелкі тарайды деп қабылдауымыз керек [13].

Біркелкі жыныстарда құрастырылмалы қаптамаларының сыртқы диаметрі 5,5 м жабық әдіспен салынған жеке-дара тоннельдерде тау қысымынан болатын нормативтік тік жүктеменің және артық жүктеме коэффициентінің мөлшерлерін 3.12 және 3.13-кестелер бойынша қабылдауға болады (СНиП II-40-80, 16 және 17 беттер).

Жеке-дара тоннельдердің басқа мөлшерлерінде, бірақта 9,5 м артық болмағанда, тау қысымынан олардың қаптамаларына түсетін нормативтік тік жүктемені осы 3.12 және 3.13-кестелердегі деректер арқылы анықтауға болады. Тек қана жобалап отырған тоннель диаметрінің кестелерде келтірілген диаметріне қатынасына

байланысты, жүктеменің мөлшерін пропорционалды түрде өзгерту керек.

Ескерту. Тоннельдер жеке деп саналады, егер олардың арасындағы таза қашықтық мынадай болғанда: қатты жыныстарда және берік саздарда қаптаманың сыртқы диаметрінің жартысынан кем болмағанда, мықты топрақтарда - қаптаманың сыртқы диаметрінен кем емес уақытта.

Тоннельдің үстіндегі біркелкі жыныстың қалыңдығы, оның қаптамасының сыртқы диаметрінен кем болған жағдайда, ал одан жоғары әлсіз жыныстар жатқанда, тау қысымынан болатын нормативтік тік жүктеменің мөлшерін мына формуламен анықтауға болады:

$$q'' = q_z'' - \frac{Z \cdot (q_z'' - q_o'')}{d}, \quad (3.7)$$

мұндағы q_z'' - ең аз беріктігі бар жыныстың нормативтік тік жүктемесі, $\kappa H / m^2 (mc / m^2)$, 3.12 немесе 3.13-кестелер бойынша қабылданады;

Z - тоннель қаптамасы күмбезінің жоғары жерінен тоннельді қоршаған ең әлсіз жыныстың контактысына дейінгі қашықтық, m ;

q_o'' - тоннельдің үстінде жатқан жыныстың нормативтік тік жүктемесі, $\kappa H / m^2 (mc / m^2)$, 3.12 немесе 3.13-кестелерден қабылданады;

d - қаптаманың сыртқы диаметрі, m .

Сазды жыныстарда тереңдігі 45 м артық жерлердегі жүргізілген тоннельдерге тау қысымынан болатын нормативтік тік жүктемелердің мөлшерін арнайы коэффициент $K = \frac{H}{45}$ арқылы қабылдау керек, мұндағы H - тоннель жүргізілетін тереңдік, m (жер бетінен тоннель қаптамасының табанына дейін).

Егер 3.12 немесе 3.13-кестелер бойынша анықталған нормативтік тік жүктеменің мөлшері тоннельдің үстіндегі барлық жыныс

қабаттарының салмағынан болатын жүктемеден артық болса, онда соңғысын нормативтік деп қабылдау керек.

3.12-кесте

Қазбаның қимасындағы және төбесіндегі қатты емес жыныстардың түрлері	Нормативтік жүктеме (сыртқы диаметрі 5,5м тоннель қаптамасы үшін, $\kappa H / m^2 (mc / m^2)$)	Артық жүктеме коэффициенті	Жыныстардың сипаттамасы		
			Тығыздығы, m / m^3 (көлемдік салмағы, mc / m^2)	Ішкі үйкеліс бұрышы, град	Меншікті ұстасуы, MPa ($\kappa z c / cm^2$)
1	2	3	4	5	6
Сазды жыныстар Мергельді жоғары таскөмірлік саздар	130 (13)	1,5	2,15	25	0,20 (2,0)
Протерезойлық, жоғары таскөмірлік саздар	160 (16)	1,5	2,15	23	0.15 (1,5)
Төменгі кембрийлік саздар	180 (18)	1,5	2,10	21	0,10 (1,0)
Спондилдық (палеогендік) саздар	180 (18)	1,5	1,95	19	0,15 (1,5)
Бұзылған құрылымды спондилдық саздар	240 (24)	1,5	1,90	15	0,07 (0,7)
Дислоцияланған кембрийлік саздар	260 (26)	1,5	2,00	18	0,06 (0,6)
Юрскийлік саздар	260 (26)	1,5	1,75	18	0,06 (0,6)
Апшерондық (неогендік) саздақтар (суглинктер)	230 (23)	1,5	2,05	20	0,08 (0,8)
Ұсақтас және шым аралас супесті-саздақты жыныстар	200 (20)	1,4	1,90	22	0,02 (0,15)

1	2	3	4	5	6
Қойтас, малта және ұсақ тастар (14% дейін) қосылған теңіздік супестер	180 (18)	1,4	2,20	28	0,03 (0,3)
<i>Ірі сынықты жыныстар</i> Супесті-құмды толтырмасы бар (30% дейін) қойтасты-малтатасты шөгінділер	170 (17)	1,4	2,20	40	0,01 (0,1)
<i>Құмдар</i> тығыз аз ылғалды құмдар	150 (15)	1,3	1,75	32	0,01 (0,1)

Ескертулер. 1. Тоннельді жерасты суларының ағыны бар саздақ жыныстарда жүргізгенде, тау қысымынан болатын нормативтік тік жүктеменің мөлшерін 30% дейін көбейту керек.

2. Кестеде келтірілген сипаттамалардан басқа, жыныстарда жүргізілетін тоннель бөлімдерінде нормативтік жүктеменің және артық жүктеме коэффициентінің мөлшерін арнайы инженерлік зерттеулердің нәтижелерін пайдалана отырып анықтау керек.

Тоннель қаптамаларына тау қысымынан болатын нормативтік жазық жүктеменің мөлшерін P^n мына формуламен анықтайды:

$$P^n = q^n \cdot \operatorname{tg}^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{\varphi^n}{2} \right), \quad \text{кН} / \text{м}^2, \quad (3.8)$$

мұндағы q^n - нормативтік тік жүктеме, $\text{кН} / \text{м}^2$;

φ^n - жыныстардың нормативтік ішкі үйкеліс бұрышы, *град*.

Тоннель қимасының айналасында қазба төбесіндегіден көбірек әлсіз жыныстар кездескенде, онда q^n және φ^n мөлшерін сол әлсіздеу жыныстардікін қабылдау керек.

Қазбаның қимасындағы мен төбесіндегі қатты жыныстардың түрлері және олардың жағдайлары	Нормативтік тік жүктеме (сыртқы диаметрі 5,5 м тоннель қаптамасы үшін), $\kappa H / \text{м}^2 (\text{тс} / \text{м}^2)$	Артық жүктеме коэффициенті
Орташа мықты (су сорған жағдайдағы бірсызты сығылуға уақытша кедергісі 40-25 МПа (400 – 250 кгс / см ²)): - азжарықшақты	30-40 (3-4)	1,7
- күшті жарықшақты	60-70 (6-7)	1,6
Орташа және аз мықты (су сорған жағдайдағы бірсызты сығылуға уақытша кедергісі 25-8 МПа (250-80 кгс / см ²)): - аз жарықшақты	40-90 (4-9)	1,7
- күштіжарықшақты	70-120 (7-12)	1,6
Жартылай қатты, күшті үгітілген, жарықшақтанып бұзылған немесе жұмсарған	140-200 (14-20)	1,5

Ескертулер. 1. Судағы жұмсару коэффициенті, үгітілу дәрежесі және бірестік сығылуға уақытша кедергісі бойынша қатты жыныстардың түрлерін үйлер және ғимараттардың табандарын жобалаудағы СНиП тің тарауларына қарай қабылдау керек.

2. Теміржол және автожол тоннелдерін жобалаудағы СНиП тің тарауларының талаптары негізінде қатты жыныстардың жарықшақтық дәрежелері анықталады.

Қатты және жартылай қатты жыныстарға тау қысымынан түсетін нормативтік тік жүктемелерді анықтайтын зерттеулер болмаған кезде, СНиП II-44-78 «Теміржолдар және автожолдар тоннельдері. Жобалау нормалары» 5 тарауларының талаптарына сәйкес, олардың мөлшерін жыныстардың күмбезденуі бойынша қабылдауға болады [12].

Тасымал тоннельдер мен станциялардың конструкцияларына түсетін жыныстардың нормативтік қысымын оларды ашық әдіспен салған кезде былай қабылдауға болады:

- тік жүктемені - ғимараттың үстіндегі жыныс қабатының салмағына тең қылып, конструкцияның жоғары тұсынан жер бетіне дейінгі биіктікті есептей келе $q_0'' = \gamma \cdot g \cdot H$, $\kappa H / m^2$;

- жазық жүктемені P_0'' , $\kappa H / m^2$, төмендегі формуламен:

$$P_0'' = \gamma \cdot g \cdot H \cdot \lg^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{\varphi''}{2} \right), \quad \kappa H / m^2, \quad (3.9)$$

мұндағы H - жоғары жатқан жыныстар қабатының биіктігі, м;

γ - жыныс тығыздығы, m / m^3 ;

g - еркін салмақ күшінің үдеуі, $9,81 \text{ м} / c^2$.

Есепті жүктемелер - нормативтік жүктемелерді артық жүктеме коэффициенттеріне көбейту арқылы анықталады (3.12 және 3.13-кестелер).

Тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы

Метроның тасымал тоннельдері мен станциялары қаптамаларына тау қысымынан болатын есепті жүктемені анықтаңыз. Бастапқы деректер 3.14-кестеде келтірілген.

3.14-кесте

Бастапқы деректер

№	Қазбаның аты	Жыныс қабаттарының ($\frac{m_1}{m_2}$) түрлері	$\frac{m_1}{m_2}$, м	В, м	h, м	Н, м
1	2	3	4	5	6	7
0	Тасымал тоннелі	Тығыз құмдар	$\frac{35}{5}$	5,5	5,5	40
		Юрскийлік саздар				
1	Тасымал тоннелі	Қойтас-малтатас	$\frac{32}{20}$	5,5	5,5	45
		Кембрийлік саздар				
2	Тоннель	Қойтас-малтатас	70	6,0	6,0	70

3.14-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
3	Станция. Ашық әдіспен	Теңіздік супесь	20	12	6,0	20
4	Станция. Жабық әдіспен	Теңіздік супесь	$\frac{34}{16}$	17	9,0	40
		Юрскийлік саздар				
5	Тасымал тоннелі	Құмтас 20 МПа	$\frac{40}{5}$	5,5	5,5	45
		Құмтас 30 МПа				
6	Тоннель	Протерозойлық саздар	50	7,5	7,5	50
7	Тоннель	Тығыз құмдар	55	7,0	7,0	55
8	Станция ашық әдіспен	Тығыз құмдар	20	12,0	8,0	20
9	Тоннель	Мергельдік саздар	$\frac{16}{20}$	5,5	5,5	30
		Юрскийлік саздар				

4. ЖАЗЫҚ ЖӘНЕ КӨЛБЕУ ҚАЗБАЛАРДЫҢ БЕКІТПЕЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

4.1. Бекітпелерді есептеулердің жалпы ескертпелері

Бекітпелердің беріктік мөлшерлері жыныс массивінің мықтылық еселеуішіне байланысты есепті жүктемелер арқылы анықталады.

Алдыңғы қатарлы бекітпелердің түріне мыналар жатады: бүрікпе бетон, анкерлер мен олардың комбинациясы. Кеніштерде дайындық қазбаларын бекіту үшін, ағаш немесе металл кәсекті бекітпелер, ал капиталды қазбаларда — тұтас бетон, құрама кәсек бетондар немесе темір-бетондар.

СНиП II-94-80 талаптары бойынша, шахталар құрылысы мен қазбаларды эксплуатациялау кездерінде болатын жайсыз жүктемелердің жиынтығын ескере отырып, қазба бекітпелерін есептеу керек. Ұсынылып отырған әдістерде тазалау жұмыстарының әсері мен температураның өзгеруінен болатын уақытқа байланысты ұзақтық жүктемелер ескерілмейді. Сонымен бірге, динамикалық жүктемелер мен сейсмикалық әсерлер де ескерілмейді.

Бекітпелердің конструкциялары - олардың көтеру қабілеттілігі бойынша есептеледі, ал орнықтылыққа - тек құрастырылмалы кәсекті бекітпелер тексеріледі.

Бекітпе конструкциялары материалдарының есептік және нормативтік қасиеттері СНиП II-94-80, СНиП II-21-75, СНиП II-B.4-71 талаптары мен олардың жерасты жағдайларында қызмет істейтіндіктерін ескере отырып қабылданады.

Бекітпені көтеру қабілеттілігі мен орнықтылығы бойынша есептеу, олардың негізгі және ерекше жүктемелерінің жиынтығын, конструкцияларының жұмыс жағдайын, артық жүктеме коэффициенттерін ескере отырып жүргізіледі.

4.2. Анкерлі және комбинациялық бекітпелерді есептеу

4.2.1. Анкерлі бекітпені есептеу

Қазіргі уақытта анкерлі бекітпе озық және тиімді бекітпенің түрі болып саналады, олар кен өндіру өнеркәсібі саласының көптеген кеніштерінде кеңінен пайдаланылуда.

Анкерлі бекітпе, өзекті-анкер түрінде болады (металл, ағаш, темір-бетон, металл-резина, полимер-бетон, т.б. материалдардан).

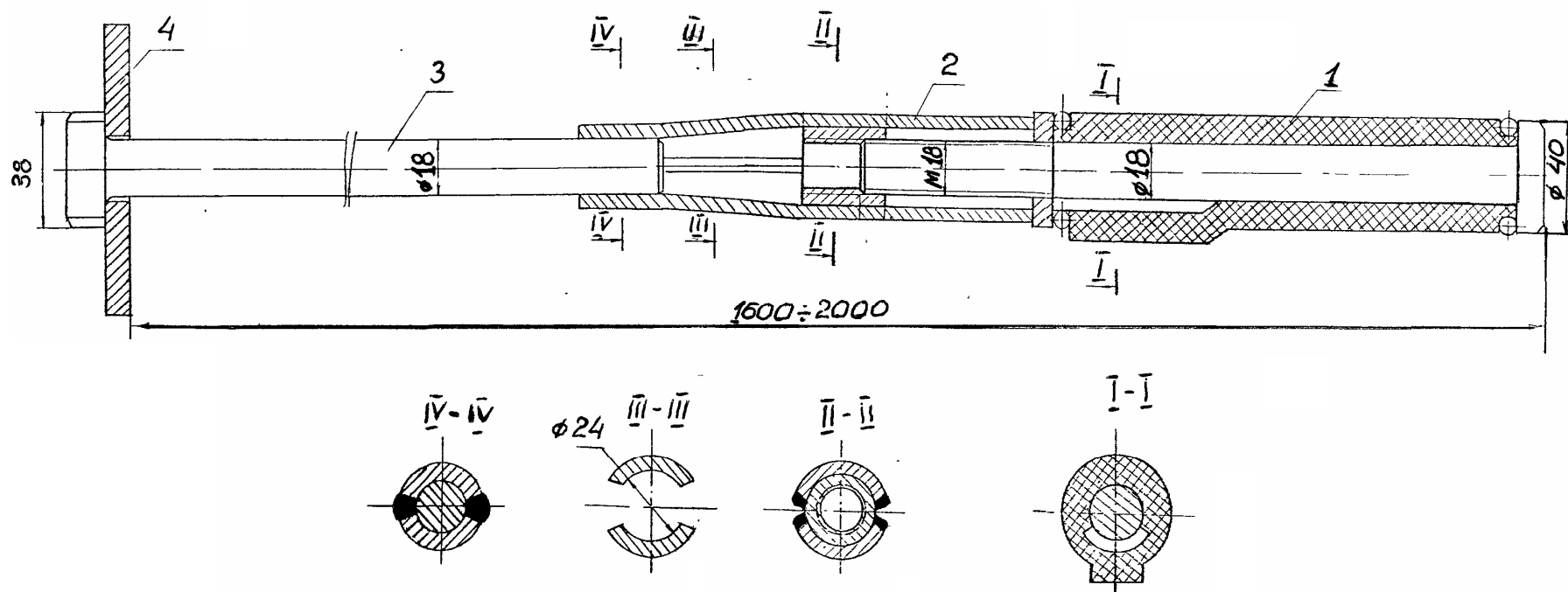
Соңғы кездерде, тау-кен өнеркәсібі кеніштерінде, ғылыми-зерттеу институттарында анкерлі бекітпелердің жоғары көтеру қабілеттілігі, отырымдылығы және экономикалық тиімділігі бар конструкцияларын зерттеу және игеру жұмыстары көптеп жүргізілуде. Жоғарыда келтірілген талаптарға Жезқазған кеніштерінде ойлап табылып, өндірістік сынақтан өтіп игерілген металл-резиналы анкер жатады [14].

Металл-резиналы анкер диаметрі - 40 мм, ал қалыңдығы - 10 мм дөңгелек басы бар металл-резиналы құлыптан тұрады (4.1-сурет) (1), анкердің ыстықтай қалыптан шыққан төрт бұрышты басы (27x38 мм) бар өзегі (3) пісірілген муфта (2) арқылы құлыппен (1) қосылады, өзекке тірейтін тақта (шайба 4) кигізіледі, ол бекітілетін төбеге, анкердің керіп тартылуын қамтамасыз етеді, оны опырылып құлаудан сақтайды.

Өзекті айналдырғанда, ол құлыптың нақысты болтына бұрандалады, резинка втулканы осьтік бағытта қысады, бұл кезде втулка радиалды бағытта ісінеді де, шпурдың түбінде бекітіледі, сөйтіп, өзек отырмалылыққа ие болады.

Қазбаларды, металл-резиналы анкерлермен бекітудің темір-бетон анкерлерімен салыстырғандағы артықшылықтары:

- анкер орнатылған уақыттан бастап-ақ, толық статикалық жүктемені (орташа 9-12 т) қабылдайды, сондықтан аттыру жұмыстарынан болатын сейсмикалық әсер, анкердің көтеру қабілеттілігін төмендетпейді;



4.1-сурет. Металл-резиначы анкердің конструкциясы

1 - металл-резина құлып; 2 - пісірілген муфта; 3 - анкердің өзегі; 4 - тірейтін тақта

- амортизациялық-отырмалық қасиеттері, барлық орнатылған анкерлерге жүктеменің біркелкі бөлінуіне әсер етеді;
- сулы төбелерде анкер өзінің көтеру қабілеттілігін төмендетпейді;
- анкерлердің кері тартуы - төбедегі жарықшақтардың әрі қарай өсуіне кедергі жасайды;
- анкерлерді орнату, бұрғылау жұмыстарына пайдаланатын қондырғылар арқылы толығынан механикаландырылады;
- бекіту жұмыстарының өнімділігі, екі еседен көп артады;
- бекітуге керекті материалдардың забойға жеткізу көлемі, 4 есе азаяды.

Бұл бекітпені жеке-дара бекітпе ретінде немесе бекітпенің басқа түрлерімен де біріктіре пайдалануға болады.

Анкерлі бекітпені әртүрлі тау-геологиялық жағдайларда пайдалануға болады. Оларды қабаттасқан және ұстамсыз, берік жарықшақты жыныстарда да — беріктік коэффициент көмірлерде $f > 1$ және таужыныстарында $f > 3$ болғанда да пайдалануға болады.

Анкерлі бекітпелердің көтеру қабілеттілігін анықтау мынадай кезекпен жүргізіледі.

Анкер өзегінің есепті көтеру қабілеттілігін оның үзілуге мықтылық шарты бойынша:

$$P_c = F \cdot R_c \cdot m, \text{ Н}, \quad (4.1)$$

мұндағы F - өзектің көлденең қимасының ауданы, m^2 ;

R_c - өзек материалының созылуға есепті кедергісі (СНиП-21-75 бойынша): $R_c = 210$ МПа- ыстықтай созылған классы А-I дөңгелек таза бетті болаттар үшін; $R_c = 270$ МПа- классы А-II периодты профильді болаттар үшін; $R_c = 360$ МПа- классы А-III периодты профильді болаттар үшін; есеп формуласында $R_c = 210 \cdot 10^6 \text{ Па}$ өлшемінде қабылдау керек.

m - анкер өзегінің жұмыс жағдайы коэффициенті, кәдімгі жұмыс жағдайында $m = 0,9 - 1$ деп қабылдауға болады.

Анкер өзегінің есепті көтеру қабілеттілігін, оның бетонда (полимербетонда) бекітілу мықтылығы шарты бойынша

$$P_3 = \pi \cdot d_c \cdot \tau_1 \cdot l_3 \cdot k_l \cdot m_1, \quad H, \quad (4.2)$$

мұндағы d_c - арматура өзегінің диаметрі, m ;

τ_i - өзектің бетонмен (полимербетонмен) меншікті ұстасуы, $Па$;

l_3 - өзектің жыныс массивінің орнықты зонасына кіру тереңдігі (бітелу ұзындығы), m ;

k_l - бітелу ұзындығына түзету коэффициенті;

Тәжірибелік деректердің негізінде түзетпе коэффициентінің k_l мөлшерлерін бітелу ұзындығына байланысты төмендегідей қабылдауға болады:

l_3, m	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4
k_l цемент-бетонда	1	0,65	0,62	0,58	0,55
k_l полимер-бетонда, т.б.	1	0,75	0,72	0,68	0,65

m_1 - бекіту құлыбының жұмыс жағдайы коэффициенті, құрғақ шпурларда $m_1 = 0,8$, ылғалды болғанда $m_1 = 0,7 \div 0,6$.

Эксперименттік жұмыстардың нәтижелері бойынша, өзектің бітелу ұзындығы үлкейген сайын, τ_i мөлшері азаяды. Бетонның маркасы М300-400 болғанда $\tau_i = (11 \div 12) \cdot 10^6 Па$; эпоксидтік шайыр полимер-бетон үшін $\tau_i = (20 \div 24) \cdot 10^6 Па$.

Диаметрі 0,016-0,018 м периодты профильді өзектің бекітілу мықтылығы тәжірибе бойынша анықталған, оның мөлшері — цемент бетондағы бітелу ұзындығы 0,3-0,4 м, полимербетонда 0,2-0,25 м және металл-резина втулкасында 0,20-0,30 м, осындай жағдайларда ол өзектердің үзілу мықтылығына сәйкес болады.

Анкер құлыбының есепті көтеру қабілеттілігін, оның шпур қабырғасы бойынша үйкеліп жылжу шарты бойынша анықтайды:

$$P_3^1 = \pi \cdot d_{ш} \cdot \tau_2 \cdot l_3 \cdot m_1, \text{ Н}, \quad (4.3)$$

мұндағы $d_{ш}$ - шпурдың диаметрі, м;

τ_2 - жыныс пен бетонның, полимер-бетонның немесе резинаның меншікті ұстасуы, Па;

m_1 - құлыптың жұмыс жағдайы коэффициенті, құрғақ шпурларда $m_1 = 0,9$; ылғалды шпурларда $m_1 = 0,75$; шпурдан су тамып тұрғанда $m_1 = 0,6$.

Су-цемент қатынасы 0,5 және бетонның маркасы М500 болғанда-эктастарда $\tau_2 = 1 \cdot 10^6 \text{ Па}$, гранодиориттерде $\tau_2 = 1,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Полимер-бетонның эктастармен ұстасуы: $\tau_2 = 3 \cdot 10^6 \text{ Па}$, тақтатастарда (сланецтерде) $\tau_2 = (2 \div 2,5) \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Резина втулкасының құмтастармен, алевролиттермен ұстасуы $\tau_2 = (4,5 \div 5,5) \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Анкердің есепті көтеру қабілеттілігі P_a ретінде P_c , P_3 немесе P_3^1 ең аз мөлшері қабылданады.

Анкердің ұзындығын, жыныстардың опырылу немесе құлау қалыңдығы мен алаңы бойынша анықтайды. Олар төбедегі, бүйірлердегі жыныстардың қосалқы беріктігіне және тау қысымының есептеу схемасына байланысты болады.

Болатын опырылу немесе құлау алаңының биіктігін 2.5 - 2.7-кестелерде (2 тарауды қара) келтірілген формулалармен анықтайды.

Жыныстардың болатын опырылу биіктігін l_g тапқаннан кейін (φ , φ^1 , φ_1 және басқа), анкерлердің ұзындығын l_a мынадай формуламен анықтайды

$$l_a = l_g + l_{3_1} + l_n, \text{ м}, \quad (4.4)$$

мұндағы l_g - жыныстардың болатын опырылу немесе құлау алаңының биіктігі, м;

l_{3_1} - анкердің жыныс массивінің орнықты зонасына кіру тереңдігі, 0,20-0,4 м тең болады;

l_n - анкердің шпурдан шығып ұрған бөлігінің ұзындығы, 0,05-0,12 м тең.

Түсті металлургия кеніштерінің тау қазбаларын бекітудің типтік паспорттары бойынша анкердің ұзындығын эмпериялық формуламен анықтайды, оны комбинациялық бекітпе қолданғанда ұсынуға болады.

$$l_a = \frac{B_1}{\sqrt{f}} + K, \text{ м}, \quad (5.5)$$

мұндағы B_1 - қазбаның бекітпесіз ені (жүргізудегі жоба мөлшері), м;

K - коэффициент, қазбаның ені $B_1 \leq 3,5$ м болғанда $K = 0,4 - 0,5$ қабылданады, $B_1 > 3,5$ м үшін $K = 0,15 - 0,2$;

f - жыныстардың М.М. Протоdjяконов бойынша беріктік коэффициенті.

Анкердің ұзындығы 1 м - ден кем емес және 2,5 м - ден артық емес болып қабылданады (3 м сирек).

Анкердің қазба төбесіндегі орналасу тығыздығы:

$$S = q_n \cdot n_n / P_a, \quad \frac{\text{дана}}{\text{м}^2}, \quad (4.6)$$

мұндағы q_n - төбеден түсетін нормативтік қысым, Па, тау қысымының есептеу схемасына, қазбаның пішініне және төбедегі жыныстардың қосалқы беріктігіне байланысты (2.5 және 2.6 кестедегі формулалар);

n_n - артық жүктеме коэффициенті, 1,2 тең қабылданады;

P_a - анкердің есепті көтеру қабілеттілігі, Н, (4.1-4.3) формулаларындағы ең аз мөлшері қабылданады.

Анкерлер квадрат сеткасымен төбеде орналасқанда, олардың бір-бірінен арақашықтығы:

$$a_1 = \sqrt{\frac{1}{S}} , \text{ м}, \quad (4.7)$$

Қазбаның бүйірлеріндегі анкерлердің ұзындығын және орналасатын тығыздығын есептеу.

Қазбаның бүйірлеріндегі жыныстар орнықсыз ($n_o \leq 1$) және бірқалыпты орнықты ($1 < n_o < 4$) болғанда, анкердің керекті ұзындығын төмендегі формуламен анықтау ұсынылады:

$$l_o = \frac{C}{n_o} + l_3 + l_n , \text{ м}, \quad (4.8)$$

мұндағы C - жыныс призмаларының сырғуына байланысты қазбаның жарты енінің көбеюі, м ;

тік бұрышты-күмбезді пішінді қазбада (2.4 ә-сурет):

$$C = h_1 \cdot \operatorname{ctg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) , \text{ м};$$

h_1 - тік қабырғаның биіктігі, м .

Қосалқы беріктік ($n_o \leq 1$) болмаса, онда $n_o = 1$ деп қабылдау керек.

Қазбаның бүйіріндегі анкерлердің орналасу тығыздығы:

$$S^1 = q_n \cdot n_n / P_a , \quad \frac{1}{\text{м}^2} , \quad (4.9)$$

мұндағы q_n - табан тұсындағы бүйір қысымның қарқындылығы, Па , ол тау қысымының схемасына, қазбаның пішініне және жыныстың мықтылық еселеуішіне байланысты қабылданады (2.5, 2.6 және 2.7-кестелердегі формулалар).

Бүйірдегі анкерлердің арақашықтығы жоғарыда келтірілген формулаға ұқсас табылады:

$$a_2 = \sqrt{\frac{1}{S^1}} , \text{ м}, \quad (4.10)$$

Қазба төбесіндегі (n_1) және бүйірлеріндегі (n_2) анкерлердің санын есептеуге мына формулаларды пайдалануға болады:

$$n_1 = q_n \cdot n_n \cdot B_1 \cdot a_1 / P_a , \quad n_2 = q_n \cdot h_1 \cdot a_2 \cdot n_n / P_a , \quad (4.11)$$

мұндағы q_n - төбе тұсындағы нормативтік қысым, $Па$;

q_n - табан тұсындағы нормативтік қысым, $Па$ (2.6 және 2.7-кестелер);

h_1 - қазбаның тік қабырғасының биіктігі, $м$;

B_1 - қазбаның бекітпесіз ені, $м$.

Мысал. Төмендегідей, алғашқы деректері келтірілген жазық қазбаның анкерлі бекітпесін есептеңіз:

- қазбаның есепті жүргізілу тереңдігі $H = 800$ м;
- жыныстардың орташа тығыздығы $\gamma = 2700$ кг/м³;
- жыныстар массивінің сығылуға және созылуға беріктіктері - $R_{сж} = 50$ МПа, $R_p = 4,7$ МПа ($f = 15$);
- бүйір тойтарыс коэффициенті $\lambda_1 = 0,3$;
- қазбаның пішіні — тік бұрышты-күмбезді;
- қазбаның ені $B_1 = 4$ м;
- қорапты күмбездің биіктігі $h_0 = 1$ м;
- тік қабырғасының биіктігі $h_1 = 3$ м.

Шешімі. 1. Орнықтылық параметрі бойынша мүмкін болатын бекітпелердің түрлерін анықтаймыз:

$$P_y = 10 \cdot \gamma \cdot H / \sigma_{сж} = 10 \cdot 2700 \cdot 800 / 150 \cdot 10^6 = 0,144 > 0,1,$$

$$\sigma_{сж} = 10f, МПа = 10 \cdot 15 = 150 МПа = 150 \cdot 10^6 Па.$$

2.2-кесте бойынша анкерлі немесе комбинациялы бекітпе ұсынылған, ал 2.3-кестеде комбинациялы бекітпені (егер қазбаны жыныстардың созылымы бойынша жүргізгенде) немесе бүрікпе-бетон бекітпесін қолдануға болады (жыныстардың созылымына қарама-қарсы қазбаны жүргізгенде).

Есептеу үшін анкерлі бекітпені қабылдаймыз.

2. Қазбаның контурына түсетін кернеулерді анықтаймыз. Кестедегі $f > 12$ болғанда, кернеудің жиынтық коэффициенттерін

$K_1 = 2$, $K_2 = 0,4$ деп қабылдап төмендегі формулалар бойынша кернеулерді есептейміз:

$$\sigma_{\max} = K_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 2 \cdot 2700 \cdot 800 \cdot 10 = 43,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 43,2 \text{ МПа};$$

$$g = 9,81 \approx 10 \text{ м/с}^2;$$

$$\sigma_{\min} = K_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 2700 \cdot 800 \cdot 10 = 2,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,6 \text{ МПа}.$$

3. Қазба контурындағы жыныстардың мықтылық еселеуіш коэффициенттерін есептейміз:

$$n_{\sigma} = \frac{R_{\text{с.ж}}}{\sigma_{\max}} = \frac{50}{43,2} = 1,15 < 4;$$

$$n_{\kappa} = \frac{R_p}{\sigma_{\min}} = \frac{4,7}{2,6} = 1,8 < 4.$$

Төбесі мен бүйірлері бірқалыпты орнықты, бірақта мықтылық еселеуіштері қазбаны бекітпесіз қолдануға жеткіліксіз.

Жыныстардың ішкі үйкеліс коэффициенті және бұрышы:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_{\text{с.ж}} - R_p}{R_{\text{с.ж}} + R_p} = \frac{50 - 4,7}{50 + 4,7} = 0,83;$$

$$\varphi = 39,6^\circ.$$

4. Тау қысымын есептеу схемасын таңдаймыз. Төбесі мен бүйірлері жеткіліксіз орнықты қазбалар үшін ($1 < n < 4$) №3 есеп схемасы ұсынылған (2.4-кесте мен 2.4.,ә-суреттер).

Табылған мықтылық еселеуіш коэффициенттерін $n_{\sigma} = 1,15$ және $n_{\kappa} = 1,8$ ескере отырып, $1 < n_{\kappa} < 4$ және $n_{\sigma} \leq 4$ жағдайлары үшін төмендегі формулалар бойынша есептеулерді жүргіземіз (2.7-кестедегі формулалар).

4.1. Төбедегі жыныстардың қосалқы беріктігін ескере отырып, опырылым зонасының биіктігін анықтаймыз:

$$e_{\kappa}^1 = \frac{a + h_1 \cdot \operatorname{ctg} \cdot \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)}{n_{\kappa} \cdot \operatorname{tg} \varphi} - h_0 = \frac{2 + 3 \cdot \operatorname{ctg} \cdot \left(45^\circ + \frac{39,6^\circ}{2} \right)}{1,8 \cdot 0,83} - 1 = 1,28 \text{ м}.$$

4.2. Төбеден түсетін қысымның қарқындылығы:

$$q_2^1 = e_{\kappa}^1 \cdot \gamma \cdot g = 1,28 \cdot 2700 \cdot 10 = 34,6 \cdot 10^3 \text{ Па} = 34,6 \text{ кПа}.$$

4.3. Қазбаның табаны тұсындағы бүйір қысымның қарқындылығы ($n_6 = 1,15$ есептеумен):

$$q_n = \frac{(\sigma_1^1 + h_1) \cdot \gamma \cdot \lambda_2 \cdot g}{n_6} = \frac{(2,28 + 3) \cdot 2700 \cdot 0,22 \cdot 10}{1,15} = 27,3 \text{ кПа},$$

мұндағы $\sigma_1^1 = \sigma_k^1 + h_0 = 1,28 + 1 = 2,28 \text{ м},$

$$\lambda_2 = tg^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{39,6^\circ}{2} \right) = 0,22.$$

5. Темір-бетон анкерін есептейміз: өзегі дөңгелек тегіс А-1 классты болаттан, диаметрі $d_c = 0,016 \text{ м}$; болаттың созылуға есепті кедергісі $R_c = 210 \text{ МПа}$; бетонның маркасы М 300, оның өзекпен ұстасуы $\tau_1 = 11 \text{ МПа}$; бітелудің есепті ұзындығы $l_3 = 0,4 \text{ м}$; шпурдың диаметрі $d_{uu} = 0,036 \text{ м}$; бетонның жыныспен меншікті ұстасуы $\tau_2 = 1 \text{ МПа}$; шпурлар ылғалды - $m_1 = 0,75$.

Өзектің көтеру қабілеттілігін оның үзілуге, бетонда бекітілу мықтылығы және шпур қабырғасы бойынша жылжу шарттарымен есептейміз:

$$P_c = \pi \cdot R_c^2 \cdot R_p \cdot m = 3,14 \cdot (0,008)^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 3,8 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

$$P_3 = \pi \cdot d_c \cdot \tau_1 \cdot l_3 \cdot K_l \cdot m_1 = 3,14 \cdot 0,016 \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,55 \cdot 0,75 = 9,1 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

$$P_3^1 = \pi \cdot d_{uu} \cdot \tau_2 \cdot l_3 \cdot m_1 = 3,14 \cdot 0,036 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,75 = 3,3 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Бұдан кейінгі есептеулерді ең аз көтеру қабілеттілігі бойынша жүргіземіз:

$$P_a = P_3^1 = 3,3 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

6. Анкердің ұзындығын анықтаймыз:

$$l_a = l_6 + l_{3_1} + l_n = 1,28 + 0,3 + 0,05 = 1,63 \text{ м},$$

мұндағы $l_6 = \sigma_k^1 = 1,28 \text{ м},$

$$l_a = 1,6 \text{ м деп қабылдаймыз.}$$

7. Төбедегі анкерлердің орналасу тығыздығы:

$$S = \frac{q_2^1 \cdot n_n}{P_a} = \frac{34,6 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{3,3 \cdot 10^4} = 1,25 \frac{\text{дана}}{\text{м}^2}.$$

8. Анкерлердің төбедегі арақашықтығы:

$$a_1 = \sqrt{\frac{1}{S}} = \sqrt{\frac{1}{1,25}} = 0,9 \text{ м.}$$

Анкерлердің төбедегі орналасуын квадратты сетка бойынша қабылдаймыз — 0,9x0,9 м.

9. Қазбаның бүйіріндегі анкерлердің ұзындығын анықтаймыз, алдымен қазбаның жарты енінің құлау кезіндегі ұлғаюын есептейміз:

$$C = h_1 \cdot \operatorname{ctg} \cdot \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = 3 \cdot \operatorname{ctg} \cdot 64,8^\circ = 1,41 \text{ м};$$

$$l_{\sigma} = \frac{C}{n_{\sigma}} + l_{3_1} + l_n = \frac{1,41}{1,15} + 0,3 + 0,05 = 1,57 \text{ м},$$

бүйірдегі анкерлердің ұзындығын төбедегідей $l_{\sigma} = 1,6$ м қабылдаймыз.

10. Қазбаның бүйіріндегі анкерлердің орналастыру тығыздығын есептейміз:

$$S_{\sigma}^1 = \frac{q_n \cdot n_n}{P_a} = \frac{27,3 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{3,3 \cdot 10^4} = 0,99 \text{ дана/м}^2.$$

11. Анкерлердің қазба бүйіріндегі орналасу ара қашықтығы:

$$a_2 = \sqrt{\frac{1}{S_{\sigma}^1}} = \sqrt{\frac{1}{0,99}} = 1 \text{ м.}$$

Анкерлердің қазба бүйіріндегі орналасуын квадратты сетка бойынша қабылдаймыз — 1,0x1,0 м.

Осы есептеулерге керекті таужыныстарының кейбір физика-механикалық қасиеттері және тау-технологиялық параметрлері:

1. Жыныс үлгілерінің бірсыткі сығылуға және созылуға беріктігінің шектері:

$$\sigma_{сж} = 100 \text{ ф}, \text{ кгс/см}^2, \quad \sigma_{сж} = 10 \text{ ф}, \text{ МПа},$$

$$\sigma_p = 0,1 \cdot \sigma_{сж}, \text{ МПа}.$$

2. Жыныс массивінің ұзақтық сығылуға және созылуға беріктігінің шектері:

$$R_{сж} = \sigma_{сж} \cdot K_c \cdot \xi,$$

$$R_p = \sigma_p \cdot K_c \cdot \xi .$$

3. Жыныстардың ішкі үйкеліс коэффициентін жеңіл жолмен есептеу үшін төмендегідей формулаларды ұсынуға болады:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sigma_{сж} - \sigma_p}{\sigma_{сж} + \sigma_p}, \quad (f \geq 9) ,$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1-f}{1+f} , \quad (f \geq 2) .$$

4. Жыныстардың бүйір тойтарыс коэффициенті (бірқалыпты серпінді массив үшін):

$$\lambda_1 = \frac{\mu}{1-\mu} ,$$

мұндағы μ - Пуассон коэффициенті.

Сусымалы орта (жыныс) үшін жазық тойтарыс коэффициенті:

$$\lambda_2 = \operatorname{tg}^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) .$$

5. Қазба контурындағы массивтегі ең үлкен сығылу (бүйірлерінде) және төбедегі ең аз кернеулердің мөлшерлері:

$$\text{бүйірлерде} \quad \sigma_{\max} = K_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g ,$$

$$\text{төбеде} \quad \sigma_{\min} = K_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g .$$

6. Қазба контурындағы жыныстардың мықтылық еселеуіш коэффициенттері:

$$n_{\sigma} = \frac{R_{сж}}{\sigma_{\max}} , \quad n_{\kappa} = \frac{R_p}{\sigma_{\min}} .$$

7. Қысқартпалар: т.б.а. — темір-бетон анкері;

п.б.а. — полимер-бетон анкері;

м.р.а. — металл-резина анкері.

Тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы: берілген деректер бойынша
анкерлі бекітпенің параметрлерін есептеңіз; қазбаның пішіні — тік бұрышты-күмбезді,

$$R_c = 340 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

4.1-кесте

Бастапқы деректер

Вар №	$H, \text{ м}$	f	$\gamma, \text{ кг/м}^3$	K_c	ξ	λ_1	$B_1, \text{ м}$	$h_1, \text{ м}$	$d_c, \text{ м}$	$\tau_1, \text{ Па}$	$\tau_2, \text{ Па}$	$d_{\text{ш}}, \text{ м}$
0	600	10	2650	0,28	0,80	0,33	2,90	2,40	0,016 т.б.а.	$11 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	0,036
1	700	12	2700	0,35	0,85	0,35	4,9	2,65	0,016 т.б.а.	$12 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	0,036
2	800	12	2800	0,40	0,80	0,32	4,6	2,85	0,016 п.б.а.	$20 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^6$	0,036
3	900	16	2750	0,35	0,80	0,33	4,2	2,85	0,018 м.р.а.	-	$4,5 \cdot 10^6$	0,042
4	1000	15	2800	0,40	0,80	0,35	3,8	2,30	0,018 м.р.а.	-	$5,0 \cdot 10^6$	0,042
5	500	8	2500	0,30	0,85	0,37	3,1	2,50	0,018 п.б.а.	$22 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	0,042
6	800	10	2700	0,45	0,75	0,35	3,6	2,30	0,016 т.б.а.	$11 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	0,036
7	700	12	2600	0,30	0,85	0,33	4,8	2,85	0,016 т.б.а.	$12 \cdot 10^6$	$1,25 \cdot 10^6$	0,036
8	600	9	2600	0,40	0,75	0,39	2,85	2,55	0,016 п.б.а.	$20 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$	0,036
9	900	12	2700	0,40	0,80	0,30	4,1	2,85	0,018 м.р.а.	-	$4,55 \cdot 10^6$	0,042
10	1000	14	3000	0,50	0,80	0,33	4,3	2,85	0,018 м.р.а.	-	$5,0 \cdot 10^6$	0,042

4.2.2. Бүрікпе-бетон бекітпесін есептеу

Кейінгі уақытта тау қазбаларын ұстап тұру үшін бүрікпе-бетон бекітпесі кеңінен қолданылуда. Бұл бекітпені қолдану - қазба жүргізу уақытын қысқартып, бағасын төмендетіумен қатар, оның жұмыс істеу кезеңінде ұлғайтады.

Тау-техникалық және тау-геологиялық жағдайларға байланысты бүрікпе-бетон бекітпесі бөлектейтін, қорғайтын және жүктеме көтеретін мақсаттарға қызмет етеді. Бүрікпе-бетон бекітпесінің қызмет түрін, тау қысымының нақтылы жағдайлардағы көрінісіне байланысты таңдайды.

Бүрікпе-бетон ірілігі 25 мм дейін болатын толтырымдардан және қатыруды жылдамдататын қосындылардан тұрады. Оны қазба бетіне қалыңдығы 3-20 см қабаттап арнайы пневматикалық машиналармен бүркіп жағады. Бүрікпе-бетон алу үшін цемент пен құмның арақатынасы 1:3-тен 1:5-ке дейін болады.

Бүрікпе-бетон бекітпесі қабатының қалыңдығы, жыныстардың бекемдік коэффициентіне байланысты қабылданады: $f = 7 \div 9$ болғанда, бекітпенің қалыңдығын 4-6 см қабылдайды; $f = 10 \div 12$ - 3-5 см; $f > 12$ - 2-3 см.

Бүрікпе-бетон бекітпе жабындыларының қалыңдығын СН 238-73 (Гидротехникалық тоннельдерді жобалау нұсқаулары. М., 1974) нормативтік құжаты бойынша анықтайды.

Қазбаның пішіні тік бұрышты-күмбезді болғанда, егер оның ені 6 м кем болса және төбедегі жыныстардың қосалқы беріктігі болмаса ($n_k \leq 1$ болғанда), онда бүрікпе-бетонның қалыңдығын мынадай формуламен анықтайды:

$$\delta_k = 0,35 \sqrt{\frac{q_n \cdot n_n}{m_\sigma \cdot [\sigma_p]}} , \quad (4.12)$$

қосалқы беріктігі болған кезде ($n_k > 1$):

$$\delta_k = 0,35 \sqrt{\frac{q_n \cdot n_n}{m_\sigma \cdot [\sigma_p] \cdot n_k}} , \quad (4.13)$$

мұндағы q_n - төбе тұсындағы нормативтік қысымның қарқындылығы,

тау қысымын есептеу әдісіне байланысты анықталады (2.5, 2.6 және 2.7-кестелер);

n_n - артық жүктеме коэффициенті, 1,2-ге тең;

m_b - жұмыс жағдайы коэффициенті, 0,85-ке тең егер бүрікпе-бетон армировкаланбаса, ол армировкаланған кезде 1-ге тең;

$[\sigma_p]$ - бүрікпе-бетонның созылуға есепті кедергісі, олардың жобалық маркалары М300, 400, 500 болғанда және армировкалағанда кезегімен 1,2; 1,4; 1,6 МПа тең, ал армировка жоқ кезде 1,0; 1,2; 1,35 МПа.

Басқа ауыр бетон маркалары үшін есепті кедергілер СНиП II-21-75 бойынша 4.2-кестеде келтірілген.

4.2-кесте

Кедергі түрлері	Бетонның жобалық маркасы бойынша есепті кедергілер							
	150	200	250	300	350	400	450	500
Осьтік сығылу	7	9	11	13,5	15,5	17,5	19,5	21,5
Осьтік созылу	0,63	0,75	0,88	1,0	1,1	1,2	1,28	1,35

(4.12) және (4.13) формулаларын бүйір тұстан қысым болған кезде, бүрікпе-бетонның қалыңдығын есептеуге қолданады. Тек қана q_n орнына, қазба табаны тұсындағы бүйір қысымының қарқындылығы q_n қойылады, ал бүйірлерінде қосалқы беріктік болғанда, n_k орнына n_b мағынасы қойылады.

Бүрікпе-бетонның қалыңдығын есеп бойынша қабылдағанда, ол 30 мм-ден кем болмауы тиіс.

Мысал. Тік бұрышты-күмбез пішінді қазбаны бекітетін бүрікпе-бетонның қалыңдығын анықтаңыз, қазба $f = 12$ жыныстарда, есепті тереңдігі $H = 700$ м жүргізілген; жыныс массивінің қосалқы беріктіктері: $n_k = 1,3$; $n_b = 0,6$; нормативті жүктемелері: төбе тұсында $q_n = 39 \cdot 10^3$ Па; бүйірлерінде - $q_n = 28,36 \cdot 10^3$ Па.

Шешімі. Бекіту үшін М500 бетонын қабылдаймыз, ол $[\sigma_p] = 1,35$ МПа $= 1,35 \cdot 10^6$ - - ; $n_n = 1,2$; $m_o = 0,85$.

Төбені бекіту үшін, бүрікпе-бетонның қалыңдығын (4.13) формуласымен есептейміз:

$$\delta_{\kappa} = 0,35 \cdot \sqrt{\frac{39 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 10^6 \cdot 1,3}} = 0,06 \text{ м.}$$

Бүйірлерді жабатын бүрікпе-бетонның қалыңдығын анықтаймыз ($n_o = 0,6 < 1$ болғандықтан, есептеу формуласына $n_o = 1$ мағ- насын қоямыз):

$$\delta_{\kappa} = 0,35 \cdot \sqrt{\frac{28,36 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 10^6 \cdot 1}} = 0,06 \text{ м.}$$

Төбе мен бүйірлердегі бүрікпе-бетон жабындысының қалыңдығын 6 см деп қабылдаймыз.

Тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы: бастапқы деректер бойынша, тік бұрышты-күмбез пішінді жазық қазбаның бүрікпе-бетон бекітпесінің қалыңдығын есептеңіз.

4.3-кесте

Вар №	$q_n, \text{ Па}$	$q_n, \text{ Па}$	n_{κ}	n_o	n_n	m_o	$[\sigma_p], \text{ Па}$
0	$34,6 \cdot 10^3$	$27,3 \cdot 10^3$	1,8	1,15	1,2	0,85	$1,35 \cdot 10^6$
1	$45,6 \cdot 10^3$	$34,8 \cdot 10^3$	0,80	0,44	1,2	0,85	$1,28 \cdot 10^6$
2	$65 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^3$	1,45	1,5	1,25	1,0	$1,8 \cdot 10^6$
3	$40 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^3$	1,20	0,85	1,2	0,85	$1,7 \cdot 10^6$
4	$36 \cdot 10^3$	$20 \cdot 10^3$	1,4	1,3	1,2	0,85	$1,3 \cdot 10^6$
5	$37 \cdot 10^3$	$25 \cdot 10^3$	0,95	0,56	1,2	1,0	$1,88 \cdot 10^6$
6	$53 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^3$	0,89	0,51	1,2	1,0	$2,0 \cdot 10^6$
7	$104 \cdot 10^3$	$41 \cdot 10^3$	0,54	0,36	1,3	1,0	$2,2 \cdot 10^6$
8	$71,1 \cdot 10^3$	$32,5 \cdot 10^3$	1,18	1,1	1,25	1,0	$2,5 \cdot 10^6$
9	$15 \cdot 10^3$	$10,5 \cdot 10^3$	0,90	0,75	1,20	0,85	$1,25 \cdot 10^6$
10	$80 \cdot 10^3$	$37 \cdot 10^3$	1,40	1,05	1,25	1,0	$1,45 \cdot 10^6$

4.2.3. Комбинациялы бекітпені есептеу

Егер қазба тек анкерлі бекітпемен бекітілсе, онда үдемелі жарықшақтық болған жерлерде - анкерлердің арасынан жыныс кесектерінің кейбіреулері опырылып түсуі мүмкін. Егер массивтегі құрылымдық кесектерінің мөлшерлері 3-4 есе анкерлер арақашықтығынан кем болса, опырылыстарда болуы мүмкін,

Осындай жағдайларда комбинациялық бекітпені қолдануға тура келеді. Анкерлерді орнатқан соң қазбаны қосымша бүрікпебетонмен бекітеді, кейбір кездерде бүрікпебетон жабуын сым торларының үстінен жасайды.

Тәжірибелік деректер бойынша, анкерлер арасындағы опырылыстың биіктігі анкерлер арақашықтығының жартысындай болуы мүмкін. Опырылыстың пішіні пирамида сияқты деп санайды.

Пирамида сияқты опырылымның биіктігі $0,5 \cdot a_1$ және табанының ұзындығы a_1 болғанда, бүрікпебетон бекітпесіне төбеде түсетін жүктеменің қарқындылығын есептеуге төмендегі формуланы пайдалануға болады:

$$q = 0,17 \cdot a_1 \cdot \gamma \cdot g , \quad (4.14)$$

мұндағы a_1 - квадрат торымен төбеде орналасқан анкерлердің арақашықтығы, м.

Егер анкерлер қатарларының арақашықтығы a_2 анкерлердің қатардағы арақашықтығынан көп болса, онда (4.14) формуласындағы a_1 орнына $a_2 > a_1$, мәні қойылады. Бүрікпебетон жабындысының қалыңдығын есептеу үшін (4.12) формуласын қолданады.

Жабындының қалыңдығын 30 мм кем емес деп қабылдау керек.

Мысал. Комбинациялық бекітпедегі бүрікпебетон жабындысының қалыңдығын есептеңіз. Анкерлердің ара қашықтығы $a_1 = a_2 = 1$ м; жыныстардың қосалқы беріктігі $n_k = 1,8$; $\gamma = 2700$ кг/м³; $n_o = 1,15$; артық жүктеме коэффициенті $n_n = 1,2$; бетон маркасы М500, $[\sigma_p] = 1,35$ - П- $= 1,35 \cdot 10^6$ - - .

Шешімі. 1. Төбе тұсындағы нормативтік қысымның қарқындылығын анықтаймыз:

$$q_n = 0,17 \cdot a_1 \cdot \gamma \cdot g = 0,17 \cdot 1,0 \cdot 2700 \cdot 10 = 4600 \text{ Па} = 4,6 \text{ кПа}.$$

2. Бүрікпобетон жабындысының қалыңдығын есептейміз (4.12 форм.)

$$\delta_{\kappa} = 0,35 \sqrt{\frac{q_n \cdot n_n}{m_{\sigma} \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4,6 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 10^6}} = 0,024 \text{ м},$$

бүрікпобетон жабындысының қалыңдығын $\delta_{\kappa} = 30$ мм деп қабылдаймыз.

4.3. Тұтас бетон бекітпесін есептеу

Қызмет мезгілі ұзақ және капиталды жазық қазбаларды бекітуге тұтас бетон бекітпесі арналады. Мұндай қазбаларға беріктігі $f = 1 \div 9$ жыныстарда жүргізілген оқпан албарындағы камералар, квершлагтар және штректер жатады.

Беріктігі $f = 3 \div 9$ жыныстарда жүргізілген қазбаларда тік қабырғалы-күмбезді (кері күмбезсіз) тұтас бетон бекітпелері қолданылады. Беріктігі $f = 1 \div 3$ жыныстарда осындай бекітпенің түрі, бірақта кері күмбезді, қолданылады.

Бекітпені маркасы М150-250 бетоннан тұрғызады.

Күрделі тау-геологиялық жағдайларда, қарқындылығы $(35 - 40) \cdot 10^4 \text{ Па}$ барлық жақтан болатын қысымдарда цилиндрлік немесе кері күмбезді аркалы бетон бекітпелерді қолданады.

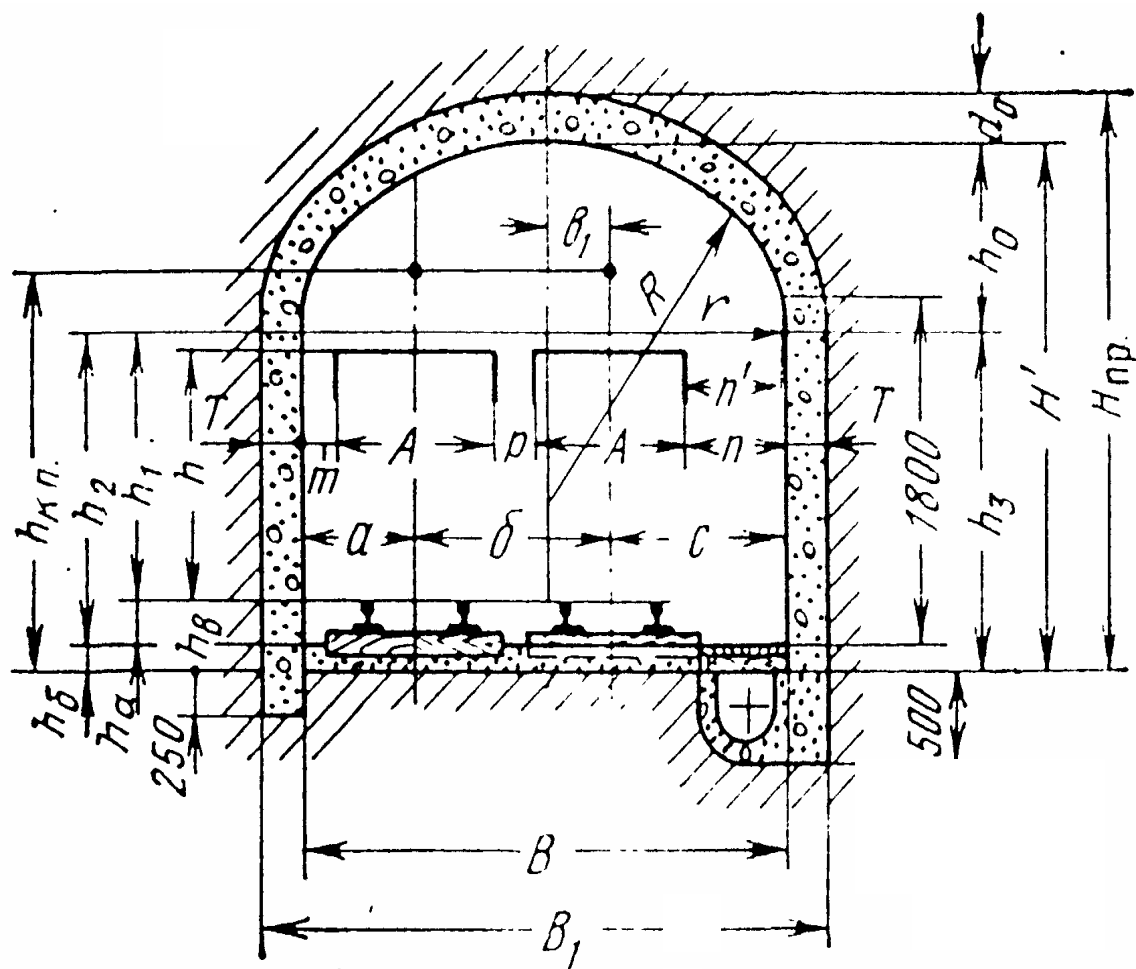
Қазба контурындағы жыныстардың жылжу мөлшері өте үлкен болуын болжаған кезде, тұтас бетон бекітпесін қолдануға болмайды. Себебі өте қатты бетон бекітпесі жыныс контурындағы жылжуларды қабылдамайды деформацияланады [15].

Бетон бекітпесін дайындауға шақпақтас (малтатас), құм және цемент материалдарын пайдалануға болады, олар ГОСТ-ың талаптарын қанағаттандыруы тиіс.

Тік бұрышты-күмбез пішінді қазбаның қорапқалы күмбезінің биіктігі h_0 жыныстардың беріктік коэффициентіне байланысты қабылданады:

$$f \leq 12 \text{ үшін } h_0 = \frac{B}{3}, \quad f \geq 12 \text{ үшін } h_0 = \frac{B}{4},$$

мұндағы B - қазбаның таза ені, м, (4.2-сурет).



4.2-сурет. Тұтас бетон бекітпесі

Күмбездің құлып тұсындағы қалыңдығын d_0 профессор М.М. Протодьяконовтың эмпериялық формуласымен жобалап анықтауға болады:

$$d_0 = 2,2 \cdot \frac{B}{[\sigma_{сж}] \cdot \sqrt{f}} \cdot \sqrt[3]{\frac{B}{2 \cdot h_0}}, \text{ см}, \quad (4.15)$$

немесе профессор С.С. Давыдовтың (бетон күмбездері үшін):

$$d_0 = 0,06 \cdot \sqrt{\frac{B}{h_0}} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{B}{f}}\right), \text{ см}, \quad (4.16)$$

мұндағы d_0 - күмбездің құлыптағы қалыңдығы, см;

$[\sigma_{сж}]$ - бетон күмбезінің сығылуға рұқсат етілген кернеуі,

$$[\sigma_{сж}] = 40 - 60 \text{ кгс/см}^2;$$

B - қазбаның таза ені, см.

Бетон қабырғасының қалыңдығы

$$T = (1,2 \div 1,5) \cdot d_0, \text{ см}.$$

«Түсті металлургия кеніштеріндегі қазбаларға арналған бекітпелеудің типтік паспорттары» [5] бойынша тұтас бетон бекітпенің қалыңдығын, жыныстардың бекемдік коэффициенттері мен қазбалардың ендерін ескере отырып қабылдау ұсынылған. Қазбаларды жобалау және эксплуатациялау тәжірибесіне сүйене отырып, маркасы М150 бетон бекітпелерінің қалыңдықтарын 4.4-кестеде келтірілген деректер бойынша қабылдауға болады.

4.4-кесте

Қазбаның таза ені, мм	Жыныстардың бекемдік коэффициенті f байланысты бетон бекітпенің қалыңдығы, мм		
	$f = 3$	$f = 4 \div 6$	$f = 7 \div 9$
1800-2400	170/200	170/200	170/200
2401-3400	200/250	170/200	170/200
3401-4400	200/300	200/250	170/250
4401-4600	200/300	200/300	200/250
4601-5000	250/350	200/300	200/250
5001-5200	250/350	250/300	200/300
5201-5400	300/400	250/300	200/300

Ескерту. Алымында - қазбаның күмбезіндегі бекітпенің қалыңдығы, ал бөлімінде - қабырғаларындағы келтірілген.

4.4. Аркалы металл отырма бекітпелерді есептеу

Қазіргі кезде металл бекітпелері көмір және тау-кен өнеркәсіптерінде ұстамсыз әлсіз жыныстарда жүргізілген қазбаларды және әртүрлі тоннельдерді бекітуге кеңінен қолданылуда [16].

Өндіріс тәжірибесінде мынадай кәсекті металл бекітпелер пайдаланылуда: аркалы, сақиналы отырма бекітпелер, аркалы, сақиналы және трапециятүрлі шарнирлік қатты бекітпелер, т.б. конструкциялар.

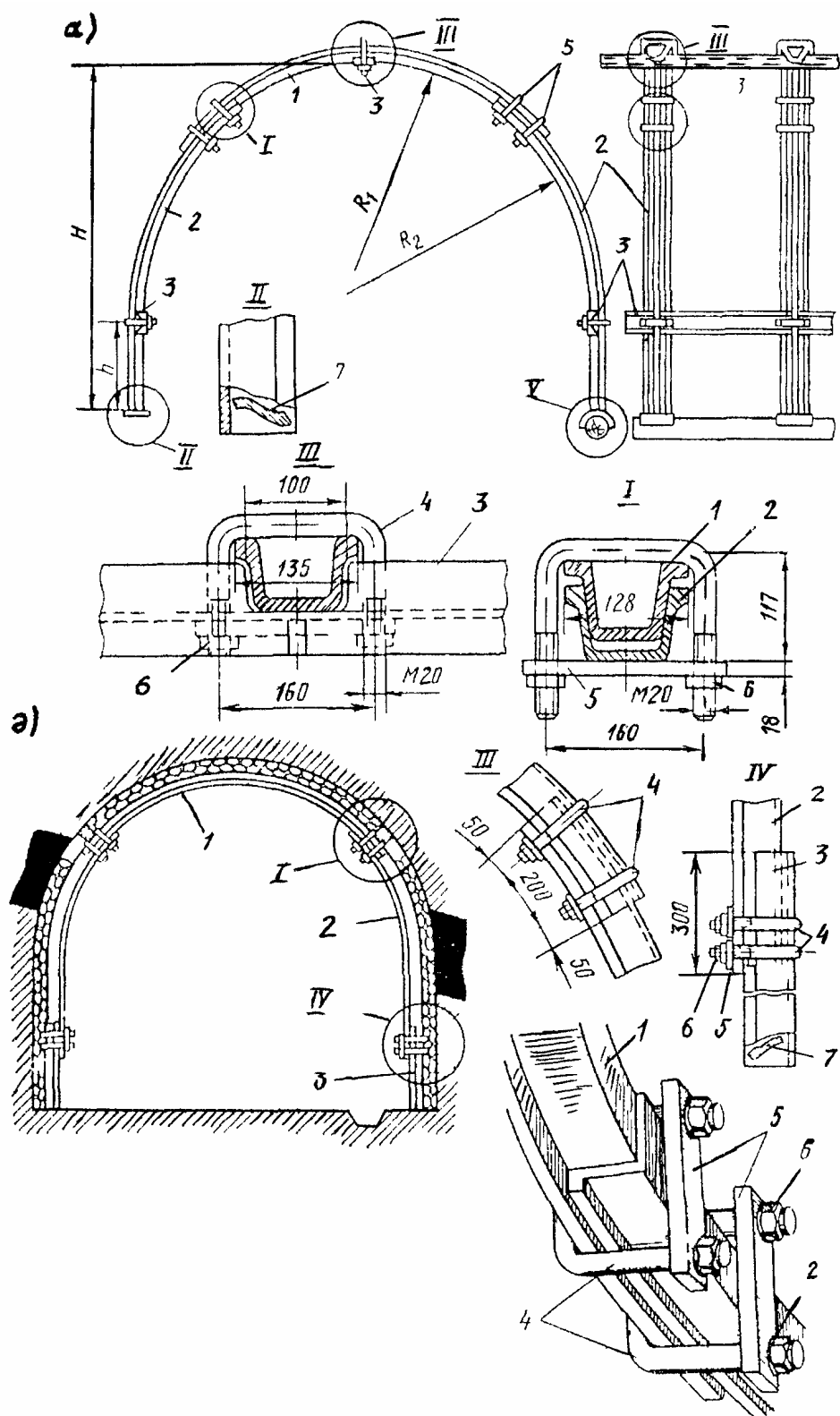
Аркалы отырма бекітпелер қазбада бір-бірінен 0,3-1,3 м ара қашықтықта орнатылатын жеке аркалардан, аркааралық тіреулерден және темір-бетон немесе ағаш тартпалардан тұрады.

Үш буынды отырмалы бекітпенің АП-3 аркасы (4.3, а-сурет) маңдайшадан (1) және екі тіреулерден (2), ал бес буынды отырмалы бекітпенің АП-5 (4.3, ә-сурет) аркасы маңдайшадан (1), екі тіреуден (2) және екі отырмалы аяқтан (3) тұрады.

Арканың барлық буындары қапсырмалармен (4), планкалармен (5) және тығырықтармен (6) (4.3-сурет I, IV түйіндер) өзара бір-біріне қосылған. Қазбаның бойымен әрбір арка бір-бірімен үш кәсекаралық тартпалармен (3) (4.3, а-сурет) қосылады, олар қазбаның төбе және бүйір тұстарында орналасады (III түйін). Кәсекаралық тартпалар (3) бекітпенің аркасына қапсырмалар (4), планкалар (5) және тығырықтар (6) арқылы бекітіледі.

Бекітпенің тірелу ауданын ұлғайту үшін, бүйір тіреулердің ішіне (үшбуынды бекітпе) (II түйін) немесе отырмалық элементтерге (бесбуынды бекітпе) (IV түйін) диафрагма (7) пісіріліп бекітіледі. Қазба табанында әлсіз жыныстар болғанда, кейде арнайы тірелетін башмақтар орнатады (V түйін).

Аркалы отырма бекітпелерді алты типмөлшерлерін арнайы астау түрлі профилі бар болат прокаттардан (Ст. 5 маркадан) дайындайды:



4.3-сурет. Арнайы профильден жасалған аркалы металл отырма бекітпелер
a- үшбуынды; ә – бесбуынды; б – арканың буындарының отырмалы қосындыларының жалпы түрі

СВП-14, СВП-17, СВП-19, СВП-22, СВП-27, СВП-33. Бекітпелерді дайындайтын кейбір болаттардың механикалық қасиеттері 4.5-кестеде келтірілген [17].

Сапасы кәдімгідей болаттардың ағын (созылу) шегінің салыстырмалы мәні төмен болғанда, бекітпенің массасы да ұлғаяды.

Көсекаралық тартпалар әлбетте, бұрыштама прокаттардан дайындалады — 60 x 60 x 6 мм.

Бекітпенің отырмалылығына арқа буындарының бір-біріне қосылған жерде кірісуі арқылы жетеді. Үшбуынды арканың отырмалық шамасы жоба бойынша 300 мм дейін, бес буындық - 700 мм-ге дейін.

4.5-кесте

Болаттың атауы	Болаттың маркасы	Ағын (созылу) шегі (кем емес) σ_T , МПа	Беріктік шегі (кем емес) σ_{np} , МПа	Салыстырмалы созылуы (кем емес), %	
				δ_1	δ_5
Сутегілік кәдімгі сапалы	Ст. 3	200-250	380-470	21	25
	Ст. 4	230-270	420-520	19	23
	Ст. 5	260-290	500-620	15	19
Төмен легерленген қазба бекітпелері үшін	20 Г2 АФпс	580	750	18	22,6
	23 ГАХ пс	480	710	17	21,0

Бесбуынды төбенің ығысуы - 300 мм-ден артық болғанда, аркалық үшбуынды бекітпе төбенің ығысуы — 300 мм аспайтын қазбаларда қолданылады.

Аркалы үшбуынды бекітпелердің түрлері мен қазбалардың параметрлері, 4.6-кестеде келтірілген. Аркалы металл отырмалы бекітпенің параметрлерін есептеу мына кезекпен жүргізіледі.

Қазбаның және аркалы үшбуынды металл бекітпенің кейбір параметрлері

Қазбаның көлденең қимасы- ның таза ауданы S , $м^2$	СВП профилі- нің нөмірі	Арнайы профиль- дің 1 м массасы, $кг$	Профиль- дің биіктігі, $см$	Профиль- дің көлденең қимасы- ның ауданы F , $см^2$	Х-Х осыне қатысты момент кедергісі W_x , $см^3$	Арканың табан бойынша ені l , $м$	Арканың биіктігі h_0 , $м$	Осьтік доғаның радиусі r , $м$	Осьтік доғаның ортасынан қазба табанына дейінгі биіктік h , $м$
5,5	14	14,7	8,8	18,7	40,7	2,5	2,5	1,2	1,3
6,5	17	17,1	9,4	21,3	50,3	3,2	2,6	1,5	1,1
7,5	17	17,1	9,4	21,3	50,3	3,2	2,8	1,5	1,3
8,5	19	19,2	10,2	24,4	61,3	3,5	2,8	1,7	1,1
10,5	22	21,9	11,0	27,9	74,8	4,2	3,1	2,0	1,1
12,5	27	27,0	12,3	34,37	100,2	4,7	3,3	2,2	1,1
14,5	27	27,0	12,3	34,37	100,2	5,0	3,3	2,3	1,1
17,2	27	27,0	12,3	34,37	100,2	5,2	3,4	2,4	1,2

1. 4.4-суретте келтірілген есептеу схемасы бойынша қазбаның төбе және бүйірлері тұсындағы нормативтік қысымның қарқындылығы анықталады:

а) төбедегі жыныстардың мықтылық еселеуіші $n_k \leq 1$ болғандағы опырылым күмбезінің биіктігі:

$$e_1 = \frac{0,5 \cdot l + h_0 \cdot \operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{tg} \varphi}, \text{ м}, \quad (4.18)$$

мұндағы l - арканың табандағы ені, м;

h_0 - арканың биіктігі, м;

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}.$$

ә) төбе тұсындағы қазба енінің 1 м түсетін нормативтік жүктеменің қарқындылығы:

$$q = e_1 \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кН/м}, \quad (4.19)$$

мұндағы ζ - аркалардың арақашықтығы, м.

б) арқаға түсетін нормативтік бүйір жүктемесі:

$$D = 0,5 \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot h_0 \cdot (2 \cdot e_1 + h_0) \cdot \operatorname{tg}^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot 10^{-2}, \text{ кН}, \quad (4.20)$$

2. Жазық тойтарыс күші H төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$H = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot h_0} - \frac{D \cdot r}{h_0}, \text{ кН}, \quad (4.21)$$

мұндағы r - арканың жоғары доғасының радиусі, м.

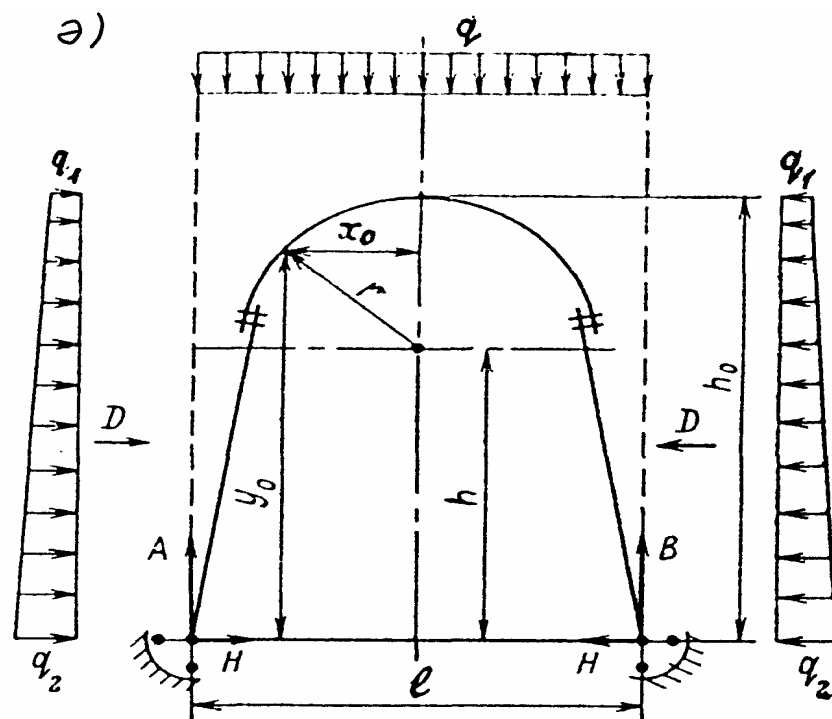
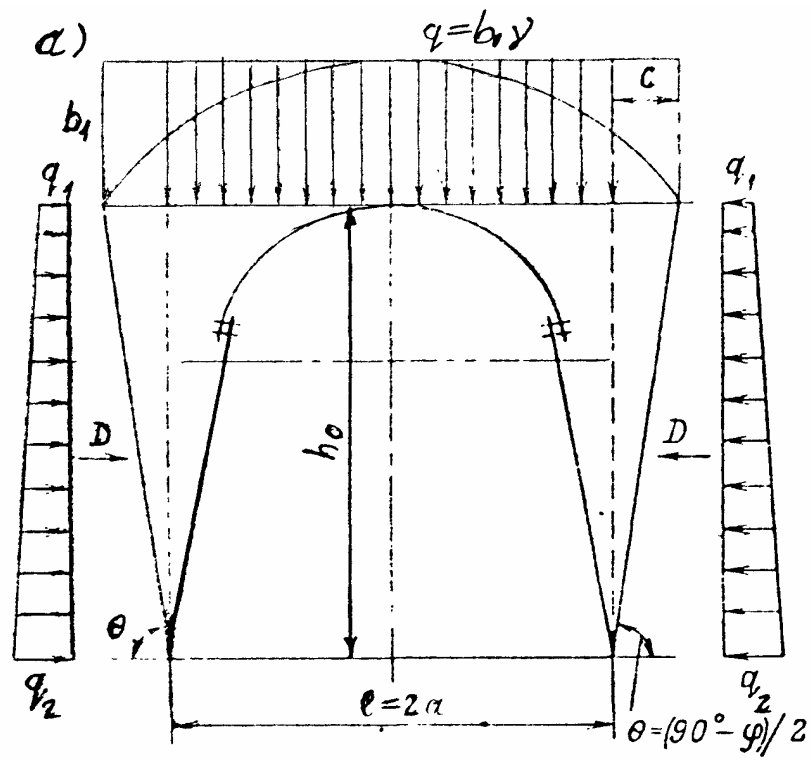
3. Тіреулердің керітартпа серпілістері табылады:

$$A = B = 0,5 \cdot q \cdot l, \text{ кН}. \quad (4.22)$$

4. Қауіпті қиманың координаттары есептеледі:

$$x_0 = \sqrt{r^2 - \frac{(H + D)^2}{q^2}}, \text{ м}, \quad (4.23)$$

$$y_0 = \sqrt{(r^2 - x_0^2)} + h, \text{ м}. \quad (4.24)$$



4.4-сурет. Аркалы отырмалы бекітпені есептеу схемасы
а-тау қысымын; б-бекітпенің элементтерін

5. Ең үлкен иілу моменті есептеледі:

$$M_{\max} = A \cdot (0,5 \cdot l - x_0) - 0,5 \cdot q \cdot (0,5 \cdot l - x_0)^2 - H \cdot y_0 - D \cdot (y_0 - h), \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (4.25)$$

мұндағы h - осьтік доғаның ортасынан қазба табанына дейінгі биіктік, м.

6. Кедергі моменті анықталады:

$$W = \frac{M_{\max}}{[\sigma_T]}, \text{ м}^3, \quad (4.26)$$

мұндағы $[\sigma_T]$ - ағынға (иілуге) мүмкін болатын кедергі (4.5-кесте), МПа $\left(10^3 \cdot \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}\right)$.

7. 4.6-кестеден арнайы профильдің нөмірі, параметрлері таңдалады.

8. Осьтік сығылу күші анықталады:

$$N = A \cdot \frac{x_0}{r} + q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_0\right) - H \cdot \frac{(y_0 - h)}{r} - D \cdot \frac{(y_0 - h)}{r}, \text{ кН}. \quad (4.27)$$

9. Қауіпті қимадағы жалпы кернеу есептеледі:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} + \frac{N}{F}, \text{ Н/м}^2 (\text{Па}), \quad (4.28)$$

мұндағы F - профильдің көлденең қимасының ауданы, м^2 , (4.6-кесте).

10. Егер $\sigma \leq [\sigma_T]$ болса, онда арка - берік деп саналады. Бұдан басқаша болса, аркалардың ара қашықтығын кеміту немесе прокаттың профилін үлкейту керек.

Мысал. Мына шарттар бойынша металл-аркалы отырмалы бекітпені есептеңіз. Қазбаның көлденең қимасының таза ауданы $S = 8,5 \text{ м}^2$ (4.6-кесте). Арканың ені $l = 3,5 \text{ м}$, биіктігі $h_0 = 2,8 \text{ м}$, осьтік доғаның ортасына дейінгі қазбаның табанынан биіктігі $h = 1,1 \text{ м}$, осьтік доғаның радиусі $r = 1,7 \text{ м}$.

Жыныстардың ішкі үйкеліс бұрышы $\varphi = 39^\circ$; $\text{tg} \varphi = 0,80$; төбедегі және бүйірлеріндегі жыныстары орнықсыз (қазба жүргізетін тереңдік

$H = 500$ м, $f = 7$, мықтылық еселеуіш коэффициенттері $n_o = 0,3$, $n_k = 0,4$);

Жыныстардың тығыздығы $\gamma = 2600$ кг/м³. Арка кәсектерінің ара қашықтығы $\zeta = 0,5$ м.

Шешімі. Опырылыс күмбезінің биіктігін анықтаймыз:

$$a) \quad e_1 = \frac{0,5 \cdot 3,5 + 2,8 \cdot ctg \cdot \left(45^0 + \frac{39^0}{2} \right)}{0,80} = 3,85 \text{ м},$$

ә) төбе тұсындағы жүктеменің қарқындылығы:

$$q = 3,85 \cdot 2600 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ кН/м},$$

б) нормативтік бүйір жүктемесі:

$$D = 0,5 \cdot 2600 \cdot 0,5 \cdot 2,8 \cdot (2 \cdot 3,85 + 2,8) \cdot tg^2 \cdot (45^0 - 19,5^0) \cdot 10^{-2} = 43,4 \text{ кН}.$$

2. Жазық тойтарыс күшін H есептейміз:

$$H = \frac{50 \cdot (3,5)^2}{8 \cdot 2,8} - \frac{43,4 \cdot 1,7}{2,8} = 1,0 \text{ кН}.$$

3. Тіреулердің керітартпа серпілістерін табамыз:

$$A = B = 0,5 \cdot 50 \cdot 3,5 = 87,5 \text{ кН}.$$

4. Қауіпті қиманың координаттарын есептейміз:

$$x_0 = \sqrt{(1,7)^2 - \frac{(1 + 43,4)^2}{(50)^2}} = 1,45 \text{ м},$$

$$y_0 = \sqrt{(1,7)^2 - (1,45)^2} + 1,1 = 2,0 \text{ м}.$$

5. Ең үлкен иілу моментін есептейміз:

$$M_{\max} = 87,5 \cdot (0,5 \cdot 3,5 - 1,45) - 0,5 \cdot 50 \cdot (0,5 \cdot 3,5 - 1,45)^2 - 1,0 \cdot 2,0 - 43,4 \cdot (2,0 - 1,1) = -16,75 \approx [16,75]$$

6. Ст. 5 маркалы болат үшін $[\sigma_T] = 270 \text{ МПа} = 270 \cdot 10^3 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$ (4.5-

кесте) қабылдаймыз, онда:

$$W = \frac{16,75}{270 \cdot 10^3} = 0,62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 62,0 \text{ см}^3.$$

7. Табылған кедергі моменті бойынша 4.6-кестеден керекті профильді – салмағы 21,9 кг/м, кедергі моменті $W = 74,8 \text{ см}^3$ және көлденең қимасының ауданы $F = 27,9 \text{ см}^2 = 27,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ қабылдаймыз.

8. - с- тік сығылу күшін анықтаймыз:

$$N = 87,5 \cdot \frac{1,45}{1,7} + 50 \cdot \left(\frac{3,5}{2} - 1,45 \right) - 1,0 \cdot \frac{(2-1,1)}{1,7} - 43,4 \cdot \frac{(2-1,1)}{1,7} = 66 \text{ кН}.$$

9. Қауіпті қимадағы жалпы кернеуді есептейміз:

$$\sigma = \frac{16,75 \cdot 10^3}{74,8 \cdot 10^{-6}} + \frac{66 \cdot 10^3}{27,9 \cdot 10^{-4}} = (224 + 23,6) \cdot 10^6 = 257,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 257,6 \text{ МПа}.$$

10. Егер $\sigma \leq [\sigma_T]$ болса, онда арка берік деп саналады. Есептеу бойынша $257,6 \leq 270$ - - - , сондықтанда біржолата прокат профилі (2,19 кг/м) және аркалар ара қашықтығын $\zeta = 0,5 \text{ м}$ деп қабылдаймыз.

Тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы: бастапқы деректер бойынша металл-аркалы отырмалы бекітпенің параметрлерін есептеңіз.

4.7-кесте

Бастапқы деректер

Вар. №	$H, \text{ м}$	$\gamma, \text{ кг/м}^3$	f	K_c	ξ	$S_{вч}, \text{ м}^2$	$l, \text{ м}$	$h_0, \text{ м}$	$r, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$[\sigma_T], \text{ МПа}$
0	700	2750	3,0	0,50	0,75	8,5	3,5	2,8	1,7	1,1	280
1	800	2800	4,0	0,40	0,65	12,0	4,7	3,3	2,2	1,1	270
2	600	2600	1,5	0,25	0,80	6,5	3,2	2,6	1,5	1,1	260
3	650	2700	2,0	0,30	0,75	7,5	3,2	2,8	1,5	1,3	270
4	750	2650	4,0	0,50	0,85	8,5	3,5	2,8	1,7	1,1	270
5	900	2750	5,0	0,45	0,80	10,5	4,2	3,1	2,0	1,1	280
6	850	2700	3,0	0,65	0,75	10,5	4,2	3,1	2,0	1,1	280
7	1000	2900	6,0	0,50	0,80	12,0	4,7	3,3	2,2	1,1	290
8	950	2800	5,0	0,60	0,90	7,5	3,2	2,8	1,5	1,3	290
9	700	2650	4,0	0,55	0,65	14,5	5,0	3,5	2,3	1,1	280
10	800	2750	3,0	0,60	0,75	10,5	4,2	3,1	2,0	1,1	270

Ескерту. Аркалардың кәсектерінің арақашықтығы $\zeta = 0,5$ м;

$$\varphi = \frac{R_{сж} - R_p}{R_{сж} + R_p}; \quad R_{сж} = \sigma_{сж} \cdot K_c \cdot \xi; \quad R_p = \sigma_p \cdot K_c \cdot \xi; \quad \sigma_{сж} = 10 \cdot f, \text{ МПа};$$

$$\sigma_p = 0,1 \cdot \sigma_{сж}, \text{ МПа}.$$

4.5. Ағаш бекітпелердің конструкцияларын және кәсекті ағаш бекітпелерін есептеу

Көмір шахталары мен кеніштерде дайындық қазбаларын бекітпелеуде ағаш бекітпелерінің меншікті үлесі жыл санап азаюда. Олар алдыңғы бекітпелердің түрлерімен: анкермен, металлмен, бүрікпебетонмен, т.б. алмастырылуда. Түсті металлургия кеніштеріндегі бекітілген қазбалардың жалпы ұзындығының 66% ағаш бекітпелер үлесіне тиеді. Олай болатын себебі, қазбалардың негізінен жартасты берік жыныстарда жүргізілетіндігі.

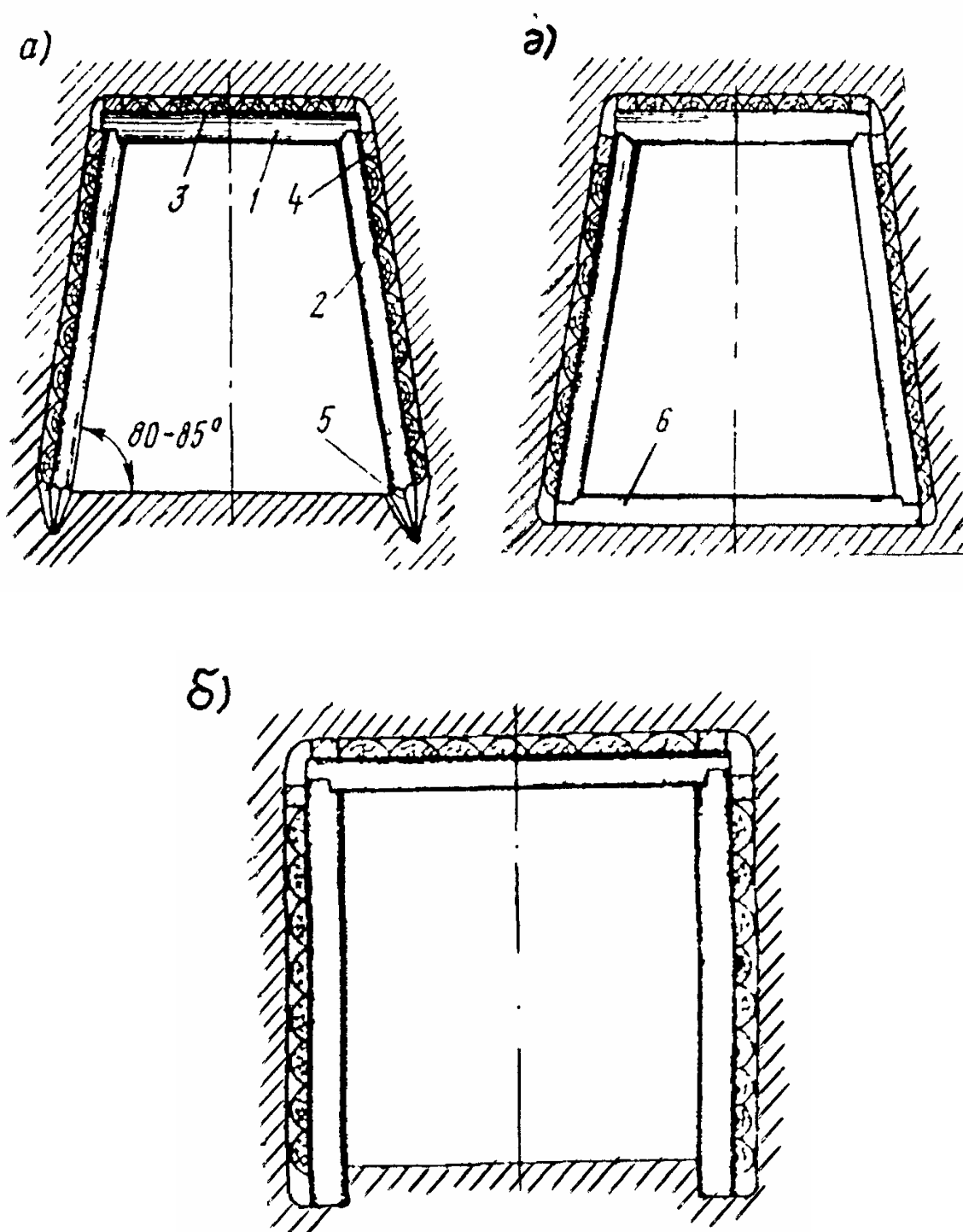
Сондықтан күрделі және ауыр конструкциялы (металлдан, бетоннан, темірбетоннан) бекітпелер аз көлемде қолданылады.

Тау қысымы бірқалыпты орныққан ($6-8 \cdot 10^4$ Па дейін) және қызмет уақыты 2-3 жылдан аспаған кезде, дайындық қазбаларын бекітуге ағаш бекітпелерді пайдаланған жөн.

Бекітпенің қолданылатын негізгі конструкциялары — трапеция түрлі немесе тік бұрышты бекітпелеу кәсегі, олар толық емес, толық, симметриялы емес болуы мүмкін (4.5-сурет). Осындай бекітпені беріктік коэффициенті $f = 3 \div 9$ жыныстарда қолданады.

Толық емес бекітпе кәсегі екі тіреу мен маңдайшадан тұрады (4.5, а, ә-сурет); толық бекітпе кәсегінің оған қоса төсемесі болады, оны қазбаның табанына төсейді. Төсемеге тіреулерді тұрғызады (4.5, ә-сурет). Трапеция түрлі бекітпе кәсегінің тіреулерін $80-85^\circ$ бұрышпен тұрғызады.

Кәсектерді қазбаның ұзына бойғы осіне перпендикулярлы тұтас (бір-біріне түйістіре) немесе 0,5-1 м және бір-бірінен оданда қашықтықта (адымдап) тұрғызады. Маңдайшасының тіреулерге қосылған жерлерінде, кәсекті сыналайды. Адымдап бекіткен кезде



4.5-сурет. Ағаш бекітпе конструкциялары:
 1-маңдайша; 2-тіреулер; 3-тартпалар; 4-сыналар; 5-тіреу
 шұңқыры; 6-төсеме

кәсектердің арасын тақтайлармен, ағаш кесінділерімен тартып біріктіреді. Қазбаның төбесін әруақытта тұтас тартып бекітеді, ал бүйірлерін — жыныстардың беріктігі мен орнықтылығына байланысты; $f = 1 \div 3$ болғанда — бүйірлерін тұтас тартпалармен бекітеді; $f = 4 \div 7$ болғанда — бүйірлерін адымдап тартпалайды; $f = 8 \div 9$ болғанда — бүйірлерін тартпаламайды. Тартпалардың арасындағы қуыстар толтырылып немесе ұсақ жыныстар салынады.

Тұтас ағаш кәсекті бекітпені ұстамсыз жыныстардағы қазбаларды бекітуге, адымдаған бекітпелерді — орнықты және берік жыныстарда, төсемесі бар кәсек бекітпелерді - қазбаның табанындағы жыныстар әлсіз болғанда қолданады.

Бекітпе кәсегі бөлшектерінің қосылған жерлерін - *құлыптар* деп атайды.

Барлық ағаш кәсекті бекітпелер, шектеулі отырмалылығы бар конструкцияларға жатады.

Ағаш бекітпеге отырмалықты қамтамасыз ету үшін, тіреулердің төменгі жағы конус не сына түрінде үшкірленеді. Жыныстардың қысымымен, тіреулердің үшкір бастары жапырылады, бекітпе өзінің көтеру қабілеттілігін сақтап төмендеп отырады. Осындай бекітпенің отырмалылығы 0,1-0,15 м шамасында болады.

Тіреулердің төменгі ұштарының қазба ішіне тайып шығып кетпеуі үшін, оларды тереңдігі 0,15-0,2 м кішілеу шұңқырларға орнатады.

Тау қазбаларын бекіту үшін қарағайды, шыршаны, бал қарағайды және май қарағайды қолданады. Бекітпе материалдарының сорттары ГОСТ-тың талаптарын қанағаттандыруы керек. Дөңгелек діңгек ағаштардың кәсекті бекітпені дайындауға керекті диаметрі 16 см-ден кем болмауы керек. Діңгек ағаштардың қысымға есепті кедергілері 4.8-кестеде келтірілген [16].

4.5.1. Төбе тұстан қысым болып, бүйірлерінде қысым болмағанда бекітпені есептеу

Егер төбе орнықсыз ($n_k \leq 1$), ал қазбаның бүйірлері орнықты ($n_o \geq 4$) болғанда, онда бекітпеге түсетін есепті жүктеме №1 схема

бойынша анықталады (2.4-кесте, 2.3,а-сурет). Осындай жағдайда тек маңдайша мен тартпалардың мықты мөлшерін анықтайды. Себебі тіреулер аз жүктелген элементтерге жатады, сондықтан олардың мөлшері есептелмейді. Тіреулердің диаметрі конструктивтік байыпқа байланысты маңдайшаның диаметріне тең етіп қабылданады.

Төбедегі жыныстардың мықтылық еселеуіші болмағанда ($n_k \leq 1$) маңдайшаның диаметрі:

$$d = 1,61 \cdot a \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot n_n}{m \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R_u}}, \text{ м}, \quad (4.29)$$

мұндағы a - қазбаның төбе тұсындағы жарты ені, м;

ζ - бекітпе кәсектерінің ара қашықтығы, м;

γ - жыныс тығыздығы, кг/м³;

n_n - артық жүктеме коэффициенті, 1,2-ге тең;

m - шахтадағы бекітпенің жұмыс жағдайы коэффициенті, 0,85,

R_u - діңгек ағаштардың иілуге есепті кедергісі;

СНиП II-В. 4-71 бойынша қарағай үшін $R_u = 16 \cdot 10^6$ Па.

4.8-кесте

Діңгек ағаштардың есепті кедергілері

Кернеулі жағдайы және элементтерінің сипаттамалары	Ағаштардың түріне байланысты есепті кедергісі $\left(\frac{\text{МПа}}{\text{кг/см}^2} \right)$		
	Қарағай	Шырша	Бал қарағай
1	2	3	4
Дөңгелек діңгек ағаштардың есепті қимасындағы талшықтарының бойымен иілуі (R_u), сығылуы (R_c), және жапырылуы (R_{cm})	$\frac{16}{160}$	$\frac{16}{160}$	$\frac{16}{100}$
Элементтерінің талшық бойымен созылуы (R_p)	$\frac{10}{100}$	$\frac{7}{70}$	-
Барлық ауданы бойынша талшықтарына көлденең сығылуы (R_c^{90}) және жапырылуы (R_{cm}^{90})	$\frac{1,8}{18}$	$\frac{1,8}{18}$	$\frac{1,8}{18}$

1	2	3	4
Элементтерінің қосылған бұрыштарындағы және конструкциялардың тірелген кертпештеріндегі талшықтарға көлденең жергілікті жапырылуы (R_{cm}^{90})	$\frac{3}{30}$	$\frac{3}{30}$	$\frac{3}{30}$
Талшықтар бойымен жарылуы: - элементтері иілген кезде (R_{ck}) - максимальды кернеулерге маңдай кертпештерінде (R_{ck})	$\frac{1,8}{18}$ $\frac{2,4}{24}$	$\frac{1,6}{16}$ $\frac{2,1}{21}$	$\frac{1,6}{16}$ $\frac{2,1}{21}$
Элементтердің қосылған жерлеріндегі талшықтарға көлденең жарылуы (R_{ck}^{90})	$\frac{1}{10}$	$\frac{0,8}{8}$	$\frac{0,6}{6}$

Төбедегі жыныстар бірқалыпты орнықты ($1 < n_k < 4$) болғанда, маңдайшаның диаметрі төбедегі жыныстардың мықтылық еселеуіш коэффициентіне n_k түземе енгізу арқылы анықталады. Ол үшін (4.29) формуласындағы радикалдың бөліміне n_k кіргізіледі.

Ағаш қалдықтарынан дайындалған тартпалардың қалыңдығы δ ($n_k \leq 1$ болғанда):

$$\delta = 1,3 \cdot \zeta \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot \gamma \cdot a \cdot n_n}{m \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R_u}}, \text{ м}, \quad (4.30)$$

мұндағы $R_u = 13 \cdot 10^6 \text{ Па}$ - сүргіленбеген ағаштар үшін.

Сүргіленген тақтайлардан дайындалған тартпалардың қалыңдығы $\delta_0 = 0,67 \cdot \delta$, м.

4.5.2. Төбеден және бүйірлерден қысым түскен кездегі бекітпені есептеу

Егер төбе мен бүйірлер орнықсыз болса, онда қазбаның трапеция түрлі ағаш бекітпесін есептеу мынадай кезекпен жүргізіледі.

1. Опырылым күмбезінің биіктігін ϑ_1 анықтайды, төбеде мықтылық еселеуіші болмағанда (2.6-кестедегі формула, $n_k \leq 1$ және

$n_o \leq 1$ үшін).

2. Мықтылық еселеуішін ескере отырып, маңдайшаның диаметрін төмендегі формуламен есептейді:

$$d = 1,7 \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot \sigma_1 \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot a^2 \cdot n_n}{m \cdot R_u \cdot n_k}}, \text{ м}, \quad (4.31)$$

мұндағы n_k - төбедегі жыныстардың мықтылық еселеуіші, егер $n_k \leq 1$ болғанда, онда (4.31) формуласына $n_k = 1$ қою керек; қалған белгілер жоғарыда келтірілгендей.

Маңдайшаның диаметрі белгілі болғанда, бекітпе кәсектерінің ара қашықтығын есептеуге болады:

$$\zeta = \frac{m \cdot R_u \cdot d^3 \cdot n_k}{(1,7)^3 \cdot 10 \cdot \sigma_1 \cdot \gamma \cdot n_n \cdot a^2}, \text{ м}. \quad (4.32)$$

3. Кәсектердің ара қашықтығы берілген кезде, маңдайшаға түсетін есепті жүктемені анықтайды; Q_1 немесе Q_2 нормативтік жүктемені 2.6-кестеде келтірілген формулалармен анықтайды (2 тарау).

4. Тіреу диаметрін маңдайшаның диаметріне тең етіп қабылдайды да, тіреуді бүйір күштерінің әсерінен сығылудан және көлденең иілуден болатын күрделі кедергілерге тексереді (2.4, а-сурет). Бүйір қысымды (жүктемені) D 2.6-кестеде келтірілген формулалар бойынша анықтайды (2 тарау).

5. Бір тіреуге түсетін осьтік есепті күшті анықтайды:

$$P = 0,5 \cdot Q_p \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot Q \cdot n_n \cdot \sin \alpha, \text{ Н}, \quad (4.33)$$

мұндағы n_n - артықжүктелу коэффициенті, 1,2-ге тең;

α - тіреудің көлбеу бұрышы, $80-85^\circ$ тең.

6. Тіреудің есепті биіктігін l_0 және көлденең иілу коэффициентін ψ анықтайды:

иілгіштігі $\lambda \leq 75$ болғанда:

$$\psi = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2, \quad (4.34)$$

иілгіштігі $\lambda > 75$ болғанда:

$$\psi = \frac{3100}{\lambda^2} . \quad (4.35)$$

Тұтас элементтердің иілгіштігі төмендегі формуламен анықталады:

$$\lambda = \frac{l_0}{r} , \quad (4.36)$$

мұндағы l_0 - элементтің (тіреудің) есепті ұзындығы (биіктігі), $м$;

r - элемент қимасының инерциясының радиусі.

$$r = \sqrt{\frac{I}{F}} , \quad (4.37)$$

мұндағы I - инерция моменті, $см^4$, дөңгелек қима үшін $I = 0,1 \cdot d^4$;

F - көлденең қимасының ауданы, $м^2$.

Тірудің таза ұзындығы - $l^1 = \frac{h-d}{\sin \alpha}$, $м$.

Тіреудің есепті ұзындығын l_0 оның таза ұзындығын белгілі коэффициентке көбейту арқылы анықтаймыз: екі басы да шарнирлі бекітілгенде — 1; бір басы бекітіліп, екінші басы бос жүктелгенде — 2; бір басы қысылғанда және басқасы шарнирлі бекітілсе — 0,8; екі басы да қысылғанда — 0,65.

7. Сығылған кездегі көлденең және тік иілуден тіреудің мықтылығын тексереді:

$$\frac{P}{\psi \cdot F} + \frac{D \cdot l_0}{4,5 \cdot W} \leq R_u , \quad (4.38)$$

мұндағы F - тіреудің көлденең қимасының ауданы, $м^2$;

W - тіреудің кедергі моменті, $0,1 \cdot d^3$, $м^3$ - тең.

Егер (4.38) шарты орындалмаса, онда тіреудің диаметрін үлкейту керек.

1 Мысал. Кәсекті ағаш бекітпенің маңдайшасының диаметрін есептеңіз; төбе орнықсыз ($n_k \leq 1$), бүйірлері орнықты. Жыныстардың тығыздығы $\gamma = 2600$ кг/ $м^3$; ішкі үйкеліс коэффициенті $tg\varphi = 0,82$; төбе тұсындағы қазбаның жарты ені $a = 1,25$ м.

Шешімі. 1. Бекітпе үшін иілуге кедергісі $R_u = 16 \cdot 10^6$ Па қарағайды қабылдаймыз; кәсектердің ара қашықтығы $\zeta = 0,5$ м; бекітпенің жұмыс жағдайы коэффициенті $m = 0,85$; артықжүктеме коэффициенті $n_n = 1,2$.

2. Маңдайшаның диаметрін (4.29) формуласы бойынша есептейміз:

$$d = 1,61 \cdot a \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot n_n}{m \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R_u}} = 1,61 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 2600 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 0,82 \cdot 16 \cdot 10^6}} = 0,225 \text{ м.}$$

Бөрене ағаштың диаметрін $d = 0,22$ м деп қабылдаймыз.

3. Сүргіленбеген ағаш тартпалардың қалыңдығын анықтаймыз:

$$\delta = 1,3 \cdot \zeta \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot \gamma \cdot a \cdot n_n}{m \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R_u}} = 1,3 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 2600 \cdot 1,25 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 13 \cdot 10^6}} = 0,047 \approx 0,05 \text{ м,}$$

сүргіленген тақтай тартпалардың қалыңдығы:

$$\delta_0 = 0,67 \cdot \delta = 0,67 \cdot 0,05 = 0,045 \text{ м.}$$

Біржолата сүргіленген тақтайдан жасалған қалыңдығы 45 мм тартпаларды қабылдаймыз.

2 Мысал. Трапеция түрлі ағаш кәсек бекітпесінің келтірілген жағдайлардағы мықты мөлшерлерін анықтаңыз. Қазбаның бекітпесіз биіктігі $h = 3$ м; төбе тұсындағы жарты ені $a = 1,25$ м; тіреулердің көлбеу бұрышы $\alpha = 80^\circ$; жыныстың ішкі үйкеліс коэффициенті $\operatorname{tg} \varphi = 0,8$; $\varphi = 39^\circ$; төбедегі және бүйірлеріндегі жыныстар орнықсыз ($f = 7$; $H = 500$ м; $n_o = 0,3$; $n_k = 0,4$); $\gamma = 2400$ кг/м³.

Шешімі. 1. Опырылым күмбезінің биіктігін анықтаймыз (2.6-кесте):

$$e_1 = \frac{a + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha + h \cdot \operatorname{ctg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1,25 + 3 \cdot \operatorname{ctg} 80^\circ + 3 \cdot \operatorname{ctg} \left(45^\circ + \frac{39^\circ}{2} \right)}{0,8} = 4 \text{ м.}$$

2. Алдын ала $\zeta = 0,5$ м; $n_k = 1$ деп қабылдап, маңдайшаның диаметрін есептейміз:

$$d = 1,7 \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot \epsilon_1 \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot a^2 \cdot n_n}{m \cdot R_u \cdot n_k}} = 1,7 \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 4 \cdot 2400 \cdot 0,5 \cdot (1,25)^2 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 16 \cdot 10^6 \cdot 1}} = 0,27 \text{ м.}$$

Егер тұтас бекітпені $\zeta = 0,22$ м деп қабылдасақ, онда есеп бойынша $d = 0,2$ м болады.

Бекітпелеу паспорттары бойынша маңдайшаның диаметрі 16 см кем не 22 см артық болмауы ұсынылады.

Қазбаны тұтас бекітпелеуді қабылдап, және оның бір метріне 4,5 кәсек кетеді деп есептейміз ($d=0.22$ м)

3. Бір кәсекке түсетін есепті қысымды анықтаймыз ($\zeta = d = 0,22$ м) болғанда, маңдайшаға түсетін нормативтік жүктемені 2.6-кестедегі формулалармен қабылдаймыз):

$$Q_p = Q_1 \cdot n_n = 2 \cdot a \cdot \epsilon_1 \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot n_n \cdot g = 2 \cdot 1,25 \cdot 4 \cdot 2400 \cdot 0,22 \cdot 1,2 \cdot 10 = 63360 \text{ Н.}$$

4. Алдын ала қазбаның төбесі мен табаны тұстарындағы бүйір қысымдарының қарқындылығын (q_k және q_n) анықтай отырып, бүйірге түсетін жүктемені D_1 анықтаймыз (2.6-кесте):

$$q_k = q_1 \cdot \lambda_2 \cdot g = \epsilon_1 \cdot \gamma \cdot tg^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot 10 = 4 \cdot 2400 \cdot tg^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{39^\circ}{2}\right) \cdot 10 = 21840 \text{ Па} = 21840 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} .$$

$$q_n = (\epsilon_1 + h) \gamma \cdot \lambda_2 \cdot g = (4 + 3) \cdot 2400 \cdot 0,227 \cdot 10 = 38140 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} .$$

$$D_1 = 0,5 \cdot (q_k + q_n) \cdot h = 0,5 \cdot (21840 + 38140) \cdot 3 = 89970 \frac{\text{Н}}{\text{м}} .$$

Тіреуге әсер ететін бүйір күш, оның диаметрі ($d = 0,22$ м) болғанда:

$$D = D_1 \cdot d = 89970 \cdot 0,22 = 19790 \text{ Н} .$$

5. Тіреуге түсетін өстік күшті анықтаймыз:

$$P = 0,5 \cdot Q_p \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot 63360 \cdot \sin 80^\circ = 31200 \text{ Н.}$$

6. Тіреудің таза ұзындығын l^1 және көлденең иілу коэффициентін ψ есептейміз:

$$l^1 = \frac{h - d}{\sin \alpha} = \frac{3 - 0,22}{0,985} = 2,82 \text{ м.}$$

Инерция моменті $I = 0,1 \cdot d^4 = 0,1 \cdot (22)^4 = 23,4 \cdot 10^3 \text{ см}^4$; тіреудің есепті ұзындығы $l_0 = l^1 \cdot 1 = 282 \text{ см.}$

Инерция радиусі $r = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{23,4 \cdot 10^3 \cdot 4}{3,14 \cdot 22^2}} = 7,84 \text{ см.}$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 22^2}{4} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,22)^2 = 0,038 \text{ м}^2.$$

Тіреудің иілгіштігі: $\lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{282}{7,84} = 35,9 < 75.$

Онда: $\psi = 1 - \frac{0,8 \cdot \lambda^2}{100^2} = 1 - \frac{0,8 \cdot (35,9)^2}{100^2} = 0,9.$

7. Тіреу қимасының ауданын F және оның кедергі моментін анықтаймыз:

$$F = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,22)^2 = 0,038 \text{ м}^2,$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (0,22)^3 = 0,001 \text{ м}^3.$$

8. Тіреу сығылғандағы көлденең иілу мықтылығын тексереміз:

$$\frac{P}{\psi \cdot F} + \frac{D \cdot l_0}{4,5 \cdot W} \leq R_u,$$

$$\frac{31200}{0,9 \cdot 0,038} + \frac{19790 \cdot 2,82}{4,5 \cdot 0,001} \leq 16 \cdot 10^6,$$

$$0,9123 \cdot 10^6 + 12,4 \cdot 10^6 \leq 16 \cdot 10^6, \quad 13,3 < 16.$$

Тіреу мықты боладғандықтан, қарастырылып отырған жағдайларда және қазбаның мөлшерінде тұтас ағаш бекітпені қолдануға болады. Қосымша есептеу арқылы мынадай қорытындыға келуге болады: егер қазбаның төбе тұсындағы жарты ені 1,25 м-ден артық болса, онда тұтас бекітпе ($d = 22$ см болғанда) берік, орнықты болмайды.

5. ЖАЗЫҚ ТАУ ҚАЗБАЛАРЫНЫҢ КӨЛДЕНЕҢ ҚИМАСЫНЫҢ ПІШІНІ МЕН МӨЛШЕРЛЕРІ

5.1. Жалпы мағлұматтар

Жазық қазбалардың көлденең қимасының пішіндері, тау қысымының шамасына, оның бағытына, бекітпенің конструкциясына, қазбаның мөлшеріне және қызмет ету уақытына байланысты. Тау-кен өнеркәсібінде қазбалардың көлденең қимасының негізінен мынадай пішіндері қолданылады: тік бұрышты, трапеция түрлі, тік бұрышты-күмбезді (тік қабырғалары және жарты циркульдi немесе қорапқалы күмбез). Көмір өнеркәсібінде келтірілгеннен басқа, таға тәрізді және дөңгелек пішіндер қолданылады [15].

Тік бұрышты пішінді кәсекті немесе аралас бекітпелер кезінде қолданады, онда жыныстардың қысымы төбе жақтан дамиды, ал бүйір қысымы болмайды. Орнықты қатқан шашыранды жыныстарда жүргізілген қазбалар көбінесе тікбұрыш пішінді болады.

Трапеция түрлі пішінді қазбаларды төбе тұсынан қысым және аздаған бүйір қысымы болғанда қолданады. Бұл пішін аса шашыранды кен өндіретін орындарда кеңінен тараған, сонымен бірге кейбір кеніштерде.

Тік бұрышты-күмбезді пішінді тұтас бетон, бүрікпебетон, анкерлі, комбинациялы (анкер бүрікпебетонмен) бекітпелер болғанда және орнықты жыныстардағы бекітпесіз қазбаларда қолданады.

Қорапқалы немесе жарты циркульдi күмбез төбе тұстан болатын үлкен қысымдарды қабылдауға қабілетті және оларды қазбаның бүйіріне түсіріп таратады.

Таға тәрізді пішінді қазбаларды бірқалыпты аздаған бүйір қысымдары болғанда тубингпен, кесек тастармен бекітпелегенде төбе және табан тұстарында үлкен қысымдар болғанда, кері күмбезді немесе аркалы бекітпелермен (егер бекітпелер тұйық болса), сонымен қатар қолданады.

Дөңгелек пішінді, әлсіз және орнықсыз жыныстарда - түйық бекітпелер болғанда қолданады (металл сақиналы, кәсекті, тубингті т.б. бекітпелер болғанда).

Жазық қазбалардың бұдан басқа да көлденең қимасының пішіндері болуы мүмкін: бөшке түрлі, аркалы (жарты циркульдi күмбез және көлбеу қабырғалары), полигоналды (құранды темірбетоннан және ағаштан күшейтілген кәсекті бекітпелер үшін).

Жазық қазбалардың көлденең қимасының таза (сәулелі), қара және қазғандағы аудандарын айырады. Таза ауданын, қазбаның бекітпеге дейінгі өлшемдерімен анықтайды. Бұл кезде қазба қимасындағы балласт қабатыны мен траптың алатын ауданын алып тастайды.

Қара ауданы - жобадағы аудан немесе қазу кезіндегі жобалы аудан деп саналады. Бұл ауданды анықтаған кезде таза ауданға бекітпенің, балласт қабатының, траптың және тартпаның (кәсекті бекітпелерде) алып жатқан аудандарын қосады. Қазбаларды жүргізген кездегі нақты аудан - жобадағы ауданнан 3-5% артық болып шығады.

Таза көлденең қиманың өлшемдері қазбаның жұмыс бабы мен жылжымалы составтың габаритіне, рельс жолдарының санына, конвейердің немесе тиеу-тасымал машинасының еніне байланысты анықталады. Сонымен қатар, қауіпсіздік ережелері талаптарына сай керек болатын саңылаулар, ара қашықтықтар есепке алынады [18, 19].

Тұтас бетон мен темірбетон бекітпелерінде қазбаның тура сызықты бөлімдерінде жылжымалы состав пен бекітпенің арасындағы саңылау рельсті көлікте 200 мм-ден кем емес болып қабылданады және бекітпелердің басқа түрлерінде (ағаш, металл кәсекті және темірбетон бекітпелері үшін) 250 мм-ден кем емес.

Қазбада рельстік жолдар болғанда, адамдардың жүріп-тұруы үшін, ені 700 мм кем емес жаяу жүретін жол қарастырылады, осы ара қашықтық (>700 мм) траптың (балласт қабатының) деңгейінен 1800 мм биіктікке дейін сақталуы талап етіледі.

Таужыныстарын тасымалдауға арналған аккумуляторлық электровоздар, жобаланған қазбаларда адамдар жүретін жолдың ені 750 мм болуы қарастырылады. Сығымдалған ауа мен су құбырлары адамдар өтетін қазбаның қабырғасына орнатылса (балластың деңгейіне немесе адамдардың поездарға отыратын жерлерінде 1800 мм биіктіктен төмен), онда жолдың саңылауы 300 мм-ге ұлғайтылады.

Екі теміржолды қазбаларда, вагонеткаларды бір-біріне тіркейтін-ағытатын және маневрлік жұмыстар болатын жерлерде, екі жағынан да ені 700 мм-ден кем емес балласт қабатынан 1800 мм биіктік бойында адамдар жүретін жолдар болуы тиіс.

Қазбалардың дөңгелектеніп бұрылу иіндерінде электровозбен тасымалдаған кезде, адамдар жүретін жолдың мөлшері иіннің сырт жағында 300 мм-ге үлкейтіледі, ал иіннің ішкі жағында 100 мм.

Екі рельсті жолдардың осьтерінің ара қашықтығы турасызықты бөлімдерінде А+200 мм-ден кем қабылданбауы тиіс, мұндағы А-электровоздың немесе вагонетканың ені (қай үлкенінің). Дөңгелектеніп бұрылған жерлерінде жол араларының ені — 300 мм үлкейтіледі.

Таза қазбаның биіктігі рельс бастарынан 2000 мм-ден кем емес мөлшерде қабылданады, себебі контакт сымының ең аз іліну биіктігі 1800 мм болатынын ескеру керек. Контакт сымымен кәсекті бекітпенің маңдайшасының арасының таза, ең аз саңылауы — 200 мм құрайды. Поезға адамдардың отыратын жерлерінде және оқпан албары қазбаларында контакт сымының іліну биіктігі 2000 — 2200 мм болып қабылданады.

Конвейерлермен жабдықталған қазбаларда бір жағындағы ара қашықтық 700 мм, ал басқа жағындағы саңылау — 400 мм; конвейердің ең жоғары шығып тұрған бөлігінің маңдайшадан қашықтығы 500 мм, ал конвейердің тартпа және жетек бастары тұстарындағы өтетін жердің ені 600 мм-ден кем болмауы тиіс.

Өздігінен жүретін жабдықтарды қолданған кездегі қазбалардың параметрлерін (таза ені және биіктігі) «Жерасты кеніштерінде өздігінен жүретін жабдықтарды қауіпсіз қолдану инструкциясы»

талаптарын сақтай отырып анықтайды. Керекті саңылаулар төменде көрсетілген мөлшерлерден кем емес болып қабылданады [18]:

1. Тиеу-тасымалдау жабдығы машинисінің орындығынан, төбенің ең шығып тұрған тұсының ең үлкен ара қашықтығы қазбаның төбесі орнықты әрі бекітілген жағдайда — 1300 мм.

2. Машинаның ең жоғары шығып тұрған бөлшегі мен қазбаның төбесінің ең аз саңылауы - $e = 500$ - - .

3. Көлік жабдығының ең бүйірден шығып тұрған бөлшегімен қазба қабырғасының (бекітпенің) немесе онда орнатылған қондырғылардың арасындағы ең аз саңылау:

- адамдар жүретін жағында $a = 1200$
- -

- қарсы жағында..... $e = 500$ - -

4. Адамдар еркін жүретін жағында биіктігі 300 мм, ені 800 мм жаяу жолдары немесе әрбір 25 м кейін арнайы тығылатын қуыстарды салғанда ең аз саңылау..... $a = 1000$ - -

5. Айырық қуыстарының ең аз мөлшерлері:

- биіктігі..... - 1800 - -

- ені - 1200

- -

- тереңдігі - 700 - -

6. Көлік жабдығы және қазба қабырғасының арасындағы ең аз саңылау. Осы қазбаларда адамдардың болмауын қамтамасыз еткендегі және көліктің жүру жылдамдығы:

- 10 км/сағ дейін болғанда..... $e = 500$ - -

- 10 км/сағ артық болғанда $e = 600$ - -

7. Қазбаның барлық ені бойынша еркін өтудің табаннан ең аз биіктігі $h_2 = 1800$ - -

8. Машинаның ені d

9. Көлік жүретін жақтың ені жүру жылдамдығына байланысты:

- 10 км/сағ дейін $A = d$

- 10 км/сағ артық $A > d$

10. Қазбалардың бұрылыстағы енінің кеңеюі 300 – 500 - -

11. Көлік жүретін қазбалардағы жол жабындысының қалыңдығы сөткесіне 100 жүру саны немесе одан көп болғанда $h_n = 300 - -$.

5.2. Тік бұрышты-күмбез пішінді қазбаның мөлшерлерін анықтау

Бекітпелеудің типтік паспорттарының ұсыныстары бойынша рельстік транспорт үшін, қазба қимасының мөлшерлері мынадай кезекпен жүргізіледі (5.1-сурет).

Күмбез пішінді төбе болғанда, таза қазбаның биіктігі - оның қабырғасының балласт деңгейінен биіктігі мен күмбез биіктігінің қосындысынан тұрады. Қара қазбаның биіктігін, оның таза биіктігіне тұтас бетон бекітпенің күмбездегі қалыңдығын қосу арқылы анықтайды немесе бүрікпебетон, анкерлі және комбинациялы бекітпелер болғанда 50 мм қосу арқылы.

Рельс бастарының деңгейінен, күмбездің өкшесіне дейінгі қабырғаның биіктігі h_1 аккумуляторлық электровоздармен тасымалдаған кезде, электровоздың (вагонетканың) биіктігіне байланысты анықталады.

Контакты электровоздармен тасымалдаған кезде қазба қабырғасының биіктігі мынадай шарттарды қанағаттандыруы тиіс: электровоздар (вагонеткалар) мен бекітпенің арасындағы ең аз саңылауларды қамтамасыз ету, сонымен бірге ток қабылдауыш (пантограф) пен бекітпенің арасындағы.

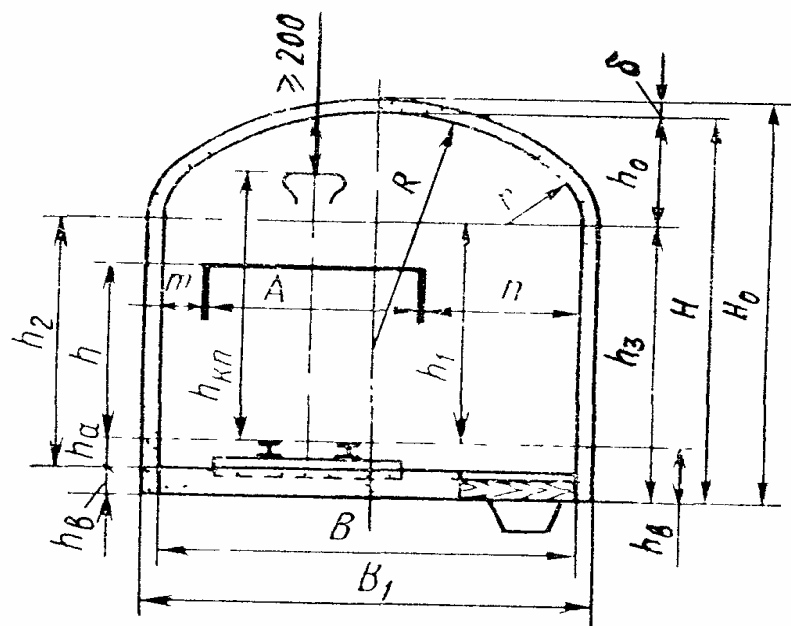
Күмбездің биіктігі h_0 жыныстардың бекемдік коэффициенті мен бекітпенің түріне байланысты қабылданады (5.1-сурет):

- тұтас бетон бекітпе үшін жыныстардың бекемдік коэффициенті $f = 3 \div 9$;

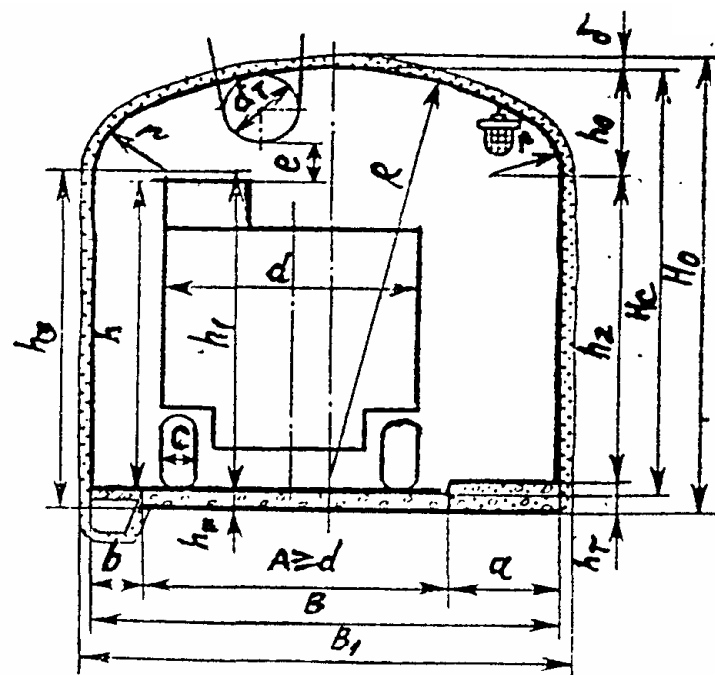
$$h_0 = \frac{1}{3} \cdot B ,$$

мұндағы B - қазбаның таза ені;

- бүрікпебетон үшін жыныстардың бекемдік коэффициенті $f \leq 12$ болғанда: $h_0 = \frac{1}{3} \cdot B$; $f > 12$ болғанда: $h_0 = \frac{1}{4} \cdot B$.



5.1-сурет. Бүрікпебетонмен бекітілген тік бұрышты-күмбез пішінді қазбаның пішіні (рельсті көлік үшін)



5.2-сурет. Тік бұрышты-күмбез пішінді бүрікпебетонмен бекітілген өздігінен тиеу-көлік машиналары жүретін қазбаның қимасы

Қорапты күмбездің қисық иіні шеңбердің үш доғасымен жасалады: осьтік R және 2 бүйірлік r .

Күмбездің радиустері оның биіктігіне байланысты 5.1-кестеде келтірілген.

5.1-кесте

Күмбездің биіктігі	Осьтік доғаның радиусі, R	Бүйірлік доғаның радиусі, r
$\frac{1}{3} \cdot B$	$0,692 \cdot B$	$0,262 \cdot B$
$\frac{1}{4} \cdot B$	$0,905 \cdot B$	$0,173 \cdot B$

Бір рельс жолы бар қазбаның таза ені:

$$B = m + A + n . \quad (5.1)$$

Екі рельсжолды қазбаның таза ені:

$$B = m + 2 \cdot A + p + n . \quad (5.2)$$

Бетон бекітпелі қазбаны жүргізген кездегі жобалық ені:

$$B_1 = B + 2 \cdot T , \quad (5.3)$$

мұндағы m - жылжымалы составпен қазба қабырғасы арасындағы ең аз саңылау (200 мм кем емес), мм;

A - электровоздың (вагонетканың) ені, мм;

n - адамдар жүретін жақтағы ең аз саңылау (700 мм кем емес), мм;

p - составтардың арасындағы саңылау (200 мм кем емес), мм;

T - бекітпе қабырғасының қалыңдығы, мм.

Бүрікпебетон, анкерлі және комбинациялы бекітпелер болғанда

$$B_1 = B + 100 , \text{ мм} . \quad (5.4)$$

Қазбаның көлденең қимасының таза ауданы қорапты күмбездің биіктігі $h_0 = \frac{1}{3}$ болғанда тең болады:

$$S_{cs} = B \cdot (h_2 + 0,262 \cdot B) , \quad (5.5)$$

$h_0 = \frac{1}{4}$ болғанда:

$$S_{ce} = B \cdot (h_2 + 0,175 \cdot B) , \quad (5.6)$$

мұндағы h_2 - балласт қабатынан бастап қазбаның тік қабырғасының биіктігі:

$$h_2 = h_1 + h_a ,$$

мұндағы h_a - балласт қабатынан рельс басына дейінгі биіктік (рельстер

$$P33- h_a = 200 - - , P24- h_a = 190 - -) .$$

Қазбаның табанынан қабырғасының биіктігі:

$$h_3 = h_2 + h_{\phi} = h_1 + h_{\phi} ,$$

мұндағы h_{ϕ} - балласт қабатының биіктігі (P33 - $h_{\phi} = 200 - -$, P24 - $h_{\phi} = 190 - -$);

h_{ϕ} - қазбаның табанынан рельстердің басына дейінгі биіктік ($h_{\phi} = h_a + h_{\phi}$);

Қазбаның таза периметрі қорапқалы күмбез болғанда:

$$h_0 = \frac{1}{3} \text{ үшін} \quad P_{ce} = 2 \cdot h_2 + 2,33 \cdot B , \quad (5.7)$$

$$h_0 = \frac{1}{4} \text{ үшін} \quad P_{ce} = 2 \cdot h_2 + 2,219 \cdot B . \quad (5.8)$$

Бүрікпобетон, анкерлі және комбинациялы бекітпелер бар қазбаны жүргізгенде, көлденең қиманың жобалық ауданы:

$$h_0 = \frac{1}{3} \text{ үшін} \quad S_{np} = B_1 \cdot (h_3 + 0,26 \cdot B_1) , \quad (5.9)$$

$$h_0 = \frac{1}{4} \text{ үшін} \quad S_{np} = B_1 \cdot (h_3 + 0,175 \cdot B_1) . \quad (5.10)$$

Бетон бекітпелі қазбаны жүргізгендегі көлденең қиманың жобалық ауданы:

$$S_{np} = S_c + B \cdot h_{\phi} + S_{cm} + S_{ce} , \quad (5.11)$$

мұнда S_{cm} - қабырға қимасының ауданы, $S_{cm} = 2 \cdot h_3 \cdot T$;

S_c - күмбездегі бетонның көлденең қимасының ауданы:

$$S_c = 0,157 \left(1 + \frac{d_0}{T} \right) \cdot (B_1^2 - B^2) ,$$

мұндағы d_0 - бекітпенің күмбездегі қалыңдығы.

Тау массасын рельсі жоқ көлікпен тасымалдағанда қазбаның мөлшерлерін тиеу-көлік өздігінен жүретін машиналарының габариттері бойынша анықтайды (5.2-сурет). Қазбалардың таза және жобадағы көлденең қималарының аудандарын жоғарыда келтірілген формулалармен анықтайды.

Суағыс арналарында бордюр болғанда қазбаның осы жағындағы саңылауды инструкция бойынша, 600 мм орнына $e = 300$ - - деп қабылдауға болады. Адамдар жүретін тротуарларда бордюр болса, онда жаяу жолдардың енін де азайтуға болады $a = 800$ - - (1000 немесе 1200 орнына). Бірақ осы жағдайда машиналар жүретін жолдың енін A есептеп анықтау керек, ол өздігінен жүретін жабдықтың енінен d үлкен болады:

$$A = d + 1,5 \cdot C + 12 \cdot V, \quad (5.12)$$

мұндағы C - машина дөңгелегінің (резина) профилінің ені, мм;

V - машинаның жүру жылдамдығы, км/сағ.

Қазбаның таза ені:

$$B = a + A + e.$$

Егер су арнасында бордюр болмай тротуар орнына жаяу жүретін жол ғана болса, бордюрмен жиектелмей машинаның жүру жылдамдығы 10 км/сағ артпаса, онда қазбаның ені:

$$B = a + d + e, \quad (5.13)$$

мұндағы d - машинаның ені, мм;

$a = 1200$ мм және $e = 500$ мм.

Егер қазбада адамдардың тұрақты болуы қарастырылмаса, онда жаяу жүретін жол болмай, қазбаның ені мынадай болады:

$$B = d + 2 \cdot e, \quad (5.14)$$

мұндағы $e = 500$ немесе 600 мм.

1-мысал. Біржолды (рельсті) қазбаның көлденең қимасының мөлшерін анықтаңыз. Берілген бастапқы деректер: бекітпе — бүрікпебетон $\delta = 50$ мм; тау массасын тасымалдауға 14КР-2А

электровозы (ені $A=1340$ мм, биіктігі $h=1550$ мм) және ВГ-2,2 вагонеткалары (ені $A=1200$ мм, биіктігі $h=1300$ мм); контакт сымның іліну биіктігі $h_{к.н}=2000$ мм; рельстер Р33, онда $h_с=390$ мм; $h_о=200$ мм; $h_a=190$ мм.

Қосымша шарттар: қазба тік бұрышты-күмбез пішінді, $f=14$ жыныстарда жүргізіледі; қазба бойынша $Q=40$ м³/с ауа келуге тиіс.

Шешімі. Есептеуді жылжымалы составтың ең үлкен өлшемдері — электровоздың өлшемдерімен жүргіземіз: $A=1340$ мм; $h=1550$ мм.

Қатты бекітпе үшін керекті саңылаулар: $m=200$ мм, $n=1000$ мм (себебі құбырларды адамдар еркін жүретін жағында 1800 мм биіктікте орнатамыз).

Қазба қабырғасының биіктігі, рельс бастарынан жоғары:

$$h_1 = 1800 - h_a = 1800 - 190 = 1610 \text{ мм},$$

балластан жоғары:

$$h_2 = h_1 + h_a = 1610 + 190 = 1800 \text{ мм},$$

табанынан жоғары:

$$h_3 = h_2 + h_о = 1800 + 200 = 2000 \text{ мм}.$$

Біржолды қазбаның таза ені:

$$B = m + A + n = 200 + 1340 + 1000 = 2540 \text{ мм}.$$

Қазбаны бекіткеннен кейінгі ені:

$$B_1 = B + 2 \cdot \delta = 2540 + 2 \cdot 50 = 2640 \text{ мм}.$$

$f > 12$ болғанда қорапты күмбездің биіктігі:

$$h_0 = \frac{B}{4} = \frac{2540}{4} = 635 \text{ мм}.$$

Қазбаның көлденең қимасының таза ауданы ($f > 12$):

$$S_{св} = B \cdot (h_2 + 0,175 \cdot B) = 2,54 \cdot (1,8 + 0,175 \cdot 2,54) = 5,7 \text{ м}^2.$$

Қазбаның көлденең қимасының жобалық ауданы (қара ауданы):

$$S_{сч} = B_1 \cdot (h_3 + 0,175 \cdot B_1) = 2,64 \cdot (2,0 + 0,175 \cdot 2,64) = 6,5 \text{ м}^2.$$

Осьтік және бүйір доғаларының таза радиустері:

$$R = 0,905 \cdot B = 0,905 \cdot 2540 = 2300 \text{ мм},$$

$$r = 0,173 \cdot B = 0,173 \cdot 2540 = 440 \text{ мм}.$$

Қазбаны жүргізгендегі жобалық периметрі:

$$P_{\text{вч}} = 2 \cdot h_3 + 2,219 \cdot B_1 = 2 \cdot 2,0 + 2,219 \cdot 2,64 = 9,86 \text{ м.}$$

Қазба қимасындағы бүрікпебетонмен жабылған контурдың ұзындығы:

$$\zeta = 2 \cdot h_3 + 1,219 \cdot B_1 = 2 \cdot 2,0 + 1,219 \cdot 2,64 = 7,22 \text{ м.}$$

Қазба жүргізу кезіндегі жобалық биіктік:

$$H_0 = h_3 + h_0 + \delta = 2000 + 635 + 50 = 2685 \text{ мм.}$$

Контакты сымның іліну нүктесінен, төбеге дейінгі саңылаудың жеткіліктігін тексереміз, ол 200 мм кем болмауы тиіс.

Қазба төбесінің ортасы бойынша саңылау:

$$c = h_1 + h_0 - h_{\text{к.п}} = 1610 + 635 - 2000 = 245 \text{ мм,}$$

яғни, рельстік жолдың осы бойынша сымның іліну биіктігі 200 мм артық болады.

Қазбаның көлденең қимасының таза ауданының ауаның мүмкін болатын жылдамдығына тексереміз:

$$V = \frac{Q}{S_{\text{св}}} = \frac{40}{5,7} = 7 \text{ м/с} < 8 \text{ м/с} ,$$

яғни, жылдамдық қауіпсіздік ережесіне сай болады.

Қазбаның көлденең қимасының мөлшерлерін есептеп болған соң, олар типтік қимаға сәйкес болуы шарт. Сондықтан, бекітпелердің типтік паспорттары келтірілген альбомнан есептеліп шыққан қазбаның көлденең қимасының мөлшеріне жақын (көп жағына қарай) типтік қиманы қабылдаймыз [20]:

$$S_{\text{св}} = 7,42 \text{ м}^2, \quad S_{\text{вч}} = 8,31 \text{ м}^2, \quad H_0 = 3150 \text{ мм}, \quad B = 2700 \text{ мм}, \\ B_1 = 2800 \text{ мм.}$$

2-мысал. Өздігінен жүретін жерасты автосамосвалы МоАЗ-7405 бен тау массаларын тасымалдайтын қазбаның көлденең қимасының ауданы мен өлшемдерін анықтаңыз. Автосамосвалдың жүру қарқындылығы — 500 машина сәткесіне және жылдамдығы 20 км/сағ. Қазба тік бұрышты-күмбез пішінді, қалыңдығы $\delta = 50 \text{ мм}$

бүрікпобетонмен бекітілген, жыныстардың бекемдік коэффициенті $f = 15$.

Шешімі. МоАЗ-7405 техникалық сипаттамасы бойынша: оның ені $d = 2850$ мм; кабинасының биіктігі $h = 2680$ мм; дөңгелектің профилінің ені $c = 430$ мм.

Қазбада II-типті жалпы қалыңдығы $h_n = 300$ мм болатын жол жабындысын қабылдаймыз. Қазбада табанынан биіктігі $h_T = 500$ мм тротуар салынады (биіктігі 200-300 мм болатын бордюрді қоса есептегендегі).

Су ағатын арна жағынан бордюрді қарастырмаймыз, онда $e = 600$ мм (5.2-сурет).

Көлік машиналарының жүретін жолының енін анықтаймыз:

$$A = d + 1,5 \cdot C + 2 \cdot V = 2850 + 1,5 \cdot 430 + 2 \cdot 20 = 3735 \text{ мм.}$$

Жүру жылдамдығын ескергендегі қазбаның таза ені:

$$B = a + A + e = 800 + 3735 + 600 = 5135 \text{ мм.}$$

Бекітпесі бар қазбаның ені:

$$B_1 = B + 2 \cdot \delta = 5135 + 2 \cdot 50 = 5235 \text{ мм.}$$

$f > 12$ болғандағы қорапты күмбездің биіктігі:

$$h_0 = \frac{B_1}{4} = \frac{5235}{4} = 1310 \text{ мм.}$$

Қазбаның осы бойынша биіктігі:

$$H_c = h + e + d_T = 2680 + 500 + 600 = 3780 \text{ мм,}$$

мұндағы $d_T = 600$ мм- желдету құбырының диаметрі;

$e = 500$ мм- кабина мен құбыр арасындағы саңылау.

Жол жабындысы деңгейінен тік қабырғаның биіктігі:

$$h_1 = H_c - h_0 = 3780 - 1310 = 2470 \text{ мм.}$$

Тротуар жағындағы тік қабырғаның биіктігі:

$$h_2 = h_1 - 200 = 2470 - 200 = 2270 \text{ мм,}$$

яғни, $a = 800$ мм арақашықтық 1800 мм биіктік бойынша сақталады.

Қазба табанынан тік қабырғаның биіктігі:

$$h_3 = h_1 + h_n = 2470 + 300 = 2770 \text{ мм.}$$

Массивтің бекемдігі $f > 12$ болғандағы қазбаның көлденең қимасының таза ауданы

$$S_{св} = B \cdot (h_2 + 0,175 \cdot B) = 5,135 \cdot (2,47 + 0,175 \cdot 5,135) = 17,3 \text{ м}^2.$$

Қазба қимасының жобалық ауданы (қара)

$$S_{сч} = B_1 \cdot (h_3 + 0,175 \cdot B_1) = 5,235 \cdot (2,77 + 0,175 \cdot 5,235) = 19,3 \text{ м}^2.$$

Осьтік және бүйірлік доғалардың таза радиустері ($f > 12$ үшін):

$$R = 0,905 \cdot B = 0,905 \cdot 5,135 = 4650 \text{ мм},$$

$$r = 0,173 \cdot B = 0,173 \cdot 5,135 = 890 \text{ мм}.$$

Қазбаны жүргізу (қара) биіктігі:

$$H_0 = h_3 + h_0 + \delta = 2770 + 1310 + 50 = 4130 \text{ мм}.$$

Қазбаның есептелген қимасының өлшемдері бойынша масштабты пайдаланып, сызба түрінде келтіруге болады.

3-мысал. Тау массасын сөткесіне тасымалдау қарқындылығы 100 машинаға дейін, жылдамдығы 10 км/сағ ПТ-6 тау-тасымалдау машинасымен тасымалдағандағы қазбаның көлденең қимасының ауданын және өлшемдерін анықтаңыз.

Қазба бойынша адамдардың тұрақты жүріп-тұруы мүмкін (жаяу жүретін жолды қарастыру керек). Қазба анкер бекітпесімен бекітілген, анкердің қазбаға шығып тұратын басы $\delta = 50$ мм; бекемдік коэффициенті $f = 10$. Желдету құбырының диаметрі $d_T = 600$ мм.

Шешімі. Техникалық сипаттамасы бойынша ПТ-6 машинасының ені $d = 2120$ мм; кабина бойынша биіктігі $h = 2360$ мм.

Қазбада I-типтегі қалыңдығы $h_n = 300$ мм жол жабындысы болуы тиіс; бордюрлер мен тротуарлар қарастырылмаған, тек қана жаяу жүретін жолдың ені $a = 1200$ мм, ал басқа жағының саңылауы $b = 500$ мм.

Жүру жылдамдығы 10 м/сағ дейін болғанда, қазбаның таза ені былай анықталады:

$$B = a + b + d = 1200 + 500 + 2120 = 3820 \text{ мм}.$$

Қазбаның бекітілгенге дейінгі ені (қара):

$$B_1 = B + 2 \cdot \delta = 3820 + 2 \cdot 50 = 3920 \text{ мм.}$$

Қорапты күмбездің биіктігі ($f < 12$ үшін):

$$h_0 = \frac{B_1}{3} = \frac{3920}{3} = 1310 \text{ мм.}$$

Қазбаның осы бойынша ең аз таза биіктігі

$$H_c = h + e + d_T = 2360 + 500 + 600 = 3460 \text{ мм.}$$

мұндағы $d_T = 600 \text{ мм}$ - желдету құбырының диаметрі;

$e = 500 \text{ мм}$ - кабина мен құбыр арасындағы саңылау.

Жол жабындысы деңгейінен тік қабырғаның биіктігі:

$$h_1 = H_c - h_0 = 3460 - 1310 = 2150 \text{ мм,} \quad (1800 \text{ мм-ден артық}).$$

Қазба табанынан тік қабырғаның биіктігі:

$$h_3 = h_1 + h_n = 2150 + 300 = 2450 \text{ мм.}$$

Қазбаның көлденең қимасының таза ауданы ($f < 12$):

$$S_{cv} = B \cdot (h_2 + 0,26 \cdot B) = 3,82 \cdot (2,15 + 0,26 \cdot 3,82) = 12 \text{ м}^2.$$

Қазбаның жүргізу кезіндегі жобалық ауданы (қара)

$$S_{cy} = B_1 \cdot (h_3 + 0,26 \cdot B_1) = 3,92 \cdot (2,45 + 0,26 \cdot 3,92) = 13,6 \text{ м}^2.$$

Осьтік және бүйірлік доғалардың радиустері ($f < 12$):

$$R = 0,692 \cdot B = 0,692 \cdot 3820 = 2640 \text{ мм,}$$

$$r = 0,262 \cdot B = 0,262 \cdot 3820 = 1000 \text{ мм.}$$

Қазбаның жүргізу (қара) биіктігі:

$$H_0 = h_3 + h_0 + \delta = 2450 + 1310 + 50 = 3810 \text{ мм.}$$

Тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы: берілген деректер бойынша жазық қазбаның көлденең қимасының өлшемдерін есептеп анықтаңыз; қазбаның пішіні тік бұрышты-күмбезді

5.2-кесте

Бастапқы деректер

№	Тасымал, көлік машиналарының маркалары	Машиналардың негізгі өлшемдері		f	Бекітпенің түрі	Желдетуге керекті ауаның көлемі $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Рельстің маркасы	Машинаның жүру қарқындылығы, жылдамдығы маш • сөт/км/сағ
		ені $A (d), \text{ мм}$	биіктігі $h, \text{ мм}$					
0	7 КР-1У	1200	1300	10	Анкер	50	Р-24	-
1	К-14	1350	1650	12	Бүрікпобетон	62	Р-33	-
2	ПД-3	1600	1860	14	Анкер	77	-	$\frac{100 \text{ маш}}{10 \text{ км/сағ}}$
3	К-14	1350	1650	9	Тұтас бетон	61	Р-33	-
4	МоА3-7405	2850	2680	15	Бүрікпобетон	130	-	$\frac{300 \text{ маш}}{10 \text{ км/сағ}}$
5	К-22	1800	1600	14	Бүрікпобетон	69	Р-33	-
6	ПД-2Б	1750	1650	12	Комбинациялы (анкер+бүрік-побетон)	78	-	$\frac{100 \text{ маш}}{10 \text{ км/сағ}}$
7	К-22	1800	1600	10	Комбинациялы (анкер+бүрік-побетон)	69	Р-33	-
8	ПД-8	2500	2500	15	Анкер	120	-	$\frac{200 \text{ маш}}{10 \text{ км/сағ}}$
9	7 КР-1У	1200	1300	12	Анкер	50	Р-24	-
10	К-14	1350	1650	9	Тұтас бетон	61	Р-33	-

6. ЖАЗЫҚ ҚАЗБАЛАРДЫ БЕКІТПЕЛЕУ ПАСПОРТЫН ҚҰРАСТЫРУ

Кен, кен емес және кенқайран пайдалы қазбаларын жерасты әдісімен қазу қауіпсіздігінің бірыңғай ережелері (ҚБЕ) бойынша қазбаларды бекітуді уақытымен және мақұлданған бекітпелеу паспорттарымен жүргізу керек. Тиісті инструкциялар бойынша паспортты учаске бастығы құрастырады және кеніш бас инженерімен бекітіледі. Қазба жұмыстары басталмай тұрып, бекітпе паспорттымен жұмысшылар мен учаскенің техникалық бақылау қызыметкерлері қол қойып таныстырылуы тиіс.

Нақты кеніш жағдайында бекітпелеу паспорттың жасаған кезде паспорттың типтік формаларын пайдалану ұсынылады. Түсті металлургия кеніштері үшін тау қазбаларын бекітпелеудің типтік паспорттары 1976 жылғы 1 шілдесінен бастап іске қосылған [5].

Қазбалардың көлденең қимасының аудандарын тасымал ыдыстары мен көлік машиналарының ең үлкен габариттерін, қауіпсіздік ережелерінің талаптарына сай саңылауларды есептей отырып анықтайды [18, 19, 20].

Бекітпелеудің типтік паспорттарының альбомы 1500 паспортты қамтиды. Паспорттар бойынша қазбаларды бекітпелеу, жыныстардың бекемдік коэффициенті $f \geq 1 \div 3$ болғанда қарастырылады; $f = 3 \div 9$ ағаш және тұтас бетон бекітпелері ұсынылады; $f \geq 7 \div 12$ - бүрікпебетон; $f \geq 4 \div 9$ - анкерлі және комбинациялы бекітпелері.

Бекітпенің түрін алдын ала өлшемсіз орнықтылық көрсеткіштері P_y арқылы таңдау ұсынылады. Тиянақты түрде бекітпені тиісті есептеулерді жүргізген соң таңдап қабылдауға болады.

Паспортты құрастыру үшін типтік форма қарастырылған, ол стандартты форматты беттен тұрады. Беттің сол жақ жартысында графикалық материалдар орналастырылады, онда бекітпенің конструкциясы мен мөлшерлері 2 проекция түрінде келтіріледі; оң жағында- түсіндірме жазба болады.

Паспорттың түсіндірме жазбасында жыныстардың сипаттамалары мен олардың орнықтылығы, бекітпенің түрін және конструкциясын таңдау дәйектемесі, бекітпенің забойдан кейін қалу мүмкіндігі, материалдар шығыны, қазбаның қималары, т.б. конструкцияларының элементтері мазмұндалады.

ҚБЕ қарастырған осындай дәйектермен қатар, бекітпелерді эксплуатациялау мезгілінде болатын олардың бұзылулары және жөндеу мүмкіндіктері туралы мәліметтер жазылады.

Мысал. Штректің бекітпелеу паспортын есептеп құрастырыңыз, оны жүргізу параметрлері: есепті тереңдігі $H = 700$ м; біркелкі жыныстардың бекемдік коэффициенті $f \geq 12$; тығыздығы $\gamma = 2800$ кг/м³; Пуассон коэффициенті $\mu = 0,25$; құрылымдық әлсіреу коэффициенті $K_c = 0,40$; ұзақтық беріктік коэффициенті $\xi = 0,85$. Қазба тік бұрышты-күмбез пішінді, оның мөлшерлері: қазбадағы ені $B_1 = 4$ м; тік қабырғасының биіктігі $h_1 = 3$ м; қорапты күмбездің биіктігі $h_0 = \frac{1}{4} B_1 = 1$ м.

Шешімі. 1. Жыныс үлгілерінің сығылуға және созылуға беріктік шектерін анықтаймыз:

$$\sigma_{сж} = 10^7 \cdot f = 10^7 \cdot 12 = 120 \text{ МПа},$$

$$\sigma_p = 0,1 \cdot \sigma_{сж} = 120 \cdot 0,1 = 12 \text{ МПа}.$$

2. Массивтің сығылу мен созылуға беріктік шектерін анықтаймыз:

$$R_{сж} = \sigma_{сж} \cdot K_c \cdot \xi = 120 \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 40,8 \text{ МПа},$$

$$R_p = \sigma_p \cdot K_c \cdot \xi = 12 \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 4,08 \text{ МПа}.$$

3. Қазба төбесі мен бүйірлеріндегі кернеулерді анықтаймыз, алдын ала (2.1-кесте) кернеулердің шоғырлану коэффициенттерін қабылдаймыз: $K_1 = 2$ және $K_2 = 0,3$

$$\sigma_{\max} = K_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 2 \cdot 2800 \cdot 700 \cdot 10 = 39 \cdot 10^6 \text{ Па} = 39 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\min} = K_2 \cdot \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \gamma \cdot H \cdot g = 0,3 \cdot \frac{0,25}{1-0,25} \cdot 2800 \cdot 700 \cdot 10 = 1,96 \text{ МПа.}$$

4. Жыныстардың төбедегі, бүйірлеріндегі мықтылық еселеуіш коэффициенттері мен орнықтылық параметрлерін анықтаймыз:

$$n_{\kappa} = \frac{R_p}{\sigma_{\min}} = \frac{4,08}{1,96} = 2,08, \quad 1 < n_{\kappa} < 4 - \text{бірқалыпты орнықты};$$

$$n_{\sigma} = \frac{R_{\text{сжс}}}{\sigma_{\max}} = \frac{40,8}{39} = 1,05, \quad 1 < n_{\sigma} < 4 - \text{бірқалыпты орнықты};$$

$$P_y = 10 \cdot \gamma \cdot H / \sigma_{\text{сжс}} \cdot \xi = \frac{10 \cdot 2800 \cdot 700}{120 \cdot 10^6 \cdot 0,85} = 0,204.$$

Төбесі мен бүйірлері бірқалыпты орнықты, 2.3-кесте бойынша анкерлік немесе комбинациялық бекітпе ұсынылған. Жыныстардың құрылымдық әлсіреу коэффициенті $K_c = 0,5$ болғанда, құрылымдық кесектің мөлшері $\sigma_{\sigma} = 0,6$ м шамасында болады. Егер анкерлердің орнатылу сеткасы 1×1 м болса, кесек мөлшері 2 есеге жақын анкерлердің ара қашықтығынан кем, сондықтан олардың арасынан жекелеген жыныстың кесектері құлап түсуі мүмкін.

Есептеуге комбинациялы бекітпені қабылдауға болады: темір бетон, полимер-бетон немесе металл-резина анкері мен бүрікпебетон.

Қазбаға орнатуға металл-резина анкерлері және бүрікпебетон жабынды комбинациялық бекітпелерін қабылдап есептейміз.

5. Тау қысымының параметрлерін есептейміз. Жүктемелерді анықтауға №3 есептеу схемасын таңдаймыз (2.4-кесте, 2.4,ә-сурет). Есептеуді $1 < n_{\kappa} < 4$ және $n_{\sigma} \leq 4$ жағдайлары үшін жүргіземіз (2.7-кесте).

а) Күмбез опырылымы биіктігі

$$\sigma_{\kappa}^1 = \frac{a + h_1 \cdot \text{ctg} \cdot \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)}{n_{\kappa} \cdot \text{tg} \varphi} - h_0 = \frac{2,0 + 3 \cdot \text{ctg} \cdot \left(45^\circ + \frac{39,4}{2}\right)}{2,08 \cdot 0,82} - 1 = 1,0 \text{ м,}$$

мұндағы $\text{tg} \varphi = \frac{R_{\text{сжс}} - R_p}{R_{\text{сжс}} + R_p} = \frac{48 - 4,8}{48 + 4,8} = 0,82;$

$$a = \frac{B_1}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ м}; \quad \varphi = 39,4^\circ.$$

Тепе-теңдік күмбезінің биіктігі $e_1^1 = e_1^1 + h_0 = 1 + 1 = 2 \text{ м}$.

ә) төбеден түсетін қысым:

$$q_2^1 = e_k^1 \cdot \gamma \cdot g = 1,0 \cdot 2800 \cdot 10 = 28 \cdot 10^3 \text{ Па} = 28 \text{ кПа}.$$

б) қазба табаны тұсындағы бүйір қысымының қарқындылығын есептейміз:

$$q_n^1 = (e_1^1 + h_1) \cdot \gamma \cdot \lambda_2 \cdot 10 = (1 + 3) \cdot 2800 \cdot 0,221 \cdot 10 = 24,8 \text{ кПа},$$

мұндағы
$$\lambda_2 = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{39,4^\circ}{2}\right) = 0,221.$$

6. Есептеуге металл-резина анкерін қабылдаймыз: өзегі $d_c = 0,018 \text{ м}$ классы А-III болаттан; $R_p = 360 \text{ МПа}$; $l_3 = 0,20 \text{ м}$; металл-резина втулкасының жыныспен ұстасуы $\tau_2 = 4,5 \text{ МПа}$; шпурдың диаметрі $d_{ш} = 0,040 \text{ м}$; $m = 1,0$; $m_1 = 0,80$.

Анкердің өзегінің үзілуге беріктік шарты бойынша көтеру қабілеттілігі:

$$P_c = \pi \cdot r_c^2 \cdot R_p \cdot m = 3,14 \cdot (0,009)^2 \cdot 360 \cdot 10^6 \cdot 1 = 91,5 \text{ кН}.$$

Анкер құлыбының шпур қабырғасы бойынша ығысу шартымен көтеру қабілеттілігі:

$$P_3^1 = \pi \cdot d_{ш} \cdot \tau_2 \cdot l_3 \cdot m_1 = 3,14 \cdot 0,040 \cdot 4,5 \cdot 10^6 \cdot 0,20 \cdot 0,8 = 90,4 \text{ кН}.$$

Бұдан кейінгі бекітпенің есебін ең аз көтерме қабілеттілігі бойынша жүргіземіз:

$$P_a = P_3^1 = 90,4 \text{ кН}.$$

7. Анкердің ұзындығын анықтаймыз:

$$l_a = l_e + l_{3e} + l_n = 1,0 + 0,4 + 0,10 = 1,5 \text{ м},$$

мұндағы $l_e = e_k^1 = 1 \text{ м}$; $l_{3e} = 0,4 \text{ м}$; $l_n = 0,10 \text{ м}$.

8. Төбедегі анкерлердің орналасу тығыздығы:

$$S = q_2^1 \cdot n_n / P_a = \frac{28 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{90,4 \cdot 10^3} = 0,37 \text{ дана/м}^2,$$

мұндағы n_n - артық жүктеме коэффициенті; $n_n = 1,2$;

бұл өте аз тығыздық болғандықтан, $S = 0,70$ дана/м² деп қабылдаймыз.

9. Төбедегі анкерлердің ара қашықтығы:

$$a_1 = \sqrt{\frac{1}{S}} = \sqrt{\frac{1}{0,70}} = 1,2 \text{ м.}$$

Анкерлерді орнату сеткасы 1,2х1,2 м деп қабылдаймыз.

Қазба төбесіндегі анкерлердің саны:

$$n_1 = 2 \cdot a \cdot q_2^1 \cdot a_1 \cdot n_n / P_a = \frac{2 \cdot 2 \cdot 28 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 1,2}{90,4 \cdot 10^3} = 1,79 ,$$

деп қабылдаймыз $n_1 = 3$ дана.

Күмбез доғасының ұзындығы:

$$l_g = 1,33 \cdot B_1 = 1,33 \cdot 4 = 5,32 \text{ м} \approx 5 \text{ м.}$$

Анкерлердің доға бойынша ара қашықтығы:

$$a_1 = \frac{5}{3} = 1,66 \approx 1,65 \text{ м.}$$

10. Қазбаның бүйіріндегі анкердің ұзындығын анықтау үшін алдымен қазбаның жарты енінің тік қабырға тұсындағы ұзаруын есептейміз:

$$C = h_1 \cdot \text{ctg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = 3 \cdot \text{ctg} 65^\circ = 3 \cdot 0,47 = 1,40 \text{ м,}$$

$$l_o = C + l_{3e} + l_n = 1,40 + 0,3 + 0,10 = 1,80 \text{ м.}$$

11. Анкерлердің бүйірдегі орналасу тығыздығы:

$$S^1 = q_n^1 \cdot n_n / P_a = \frac{24,8 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{90,4 \cdot 10^3} = 0,33 \approx 0,50 \text{ дана/м}^2.$$

12. Анкерлердің бүйірдегі арақашықтығы:

$$a_2 = \sqrt{\frac{1}{S^1}} = \sqrt{\frac{1}{0,5}} = 1,4 \text{ м.}$$

Тік қабырға $h_1 = 3 \text{ м}$ тұсындағы анкерлердің саны:

$$n_2 = q_n \cdot h_1 \cdot a_2 \cdot n_n / P_a = \frac{24,8 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 1,4 \cdot 1,2}{90,4 \cdot 10^3} = 1,38 \approx 2 \text{ дана.}$$

13. Маркасы М500 бүрікпобетон жабындысының қалыңдығын есептейміз $[\sigma_p]=1,35$ МПа; алдымен төбе тұстағы нормативтік қысымның қарқындылығын анықтаймыз:

$$q_n = 0,17 \cdot a_1 \cdot \gamma \cdot g = 0,17 \cdot 1,2 \cdot 2800 \cdot 10 = 5,71 \text{ кПа},$$

$$\delta_k = 0,35 \cdot \sqrt{\frac{q_n \cdot n_n}{m_\sigma \cdot [\sigma_p]}} = 0,35 \cdot \sqrt{\frac{5,71 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 10^6}} = 0,027 \text{ м} \approx 0,030 \text{ м} = 30 \text{ мм}.$$

Қазба бүйірлеріне де бүрікпобетон жабындысының қалыңдығын 30 мм деп қабылдаймыз.

14. Қазбаның бір метріне кететін материалдардың шығынын есептейміз:

а) классы А-ІІІ болат, $d_c = 18$ мм

$$\zeta_c = \frac{n_1 \cdot l_a}{a_1} + \frac{n_2 \cdot l_\sigma}{a_2} = \frac{3 \cdot 1,5}{1,2} + \frac{2 \cdot 1,8}{1,4} = 6,32 \text{ м},$$

жалпы массасы - $Q_c = \zeta_c \cdot G_c = 6,32 \cdot 2 = 12,64 \approx 13$ кг,

мұндағы $G_c = 2,0$ кг/м - диаметрі 18 мм арматуралық болат өзектің 1 м салмағы, шайбалар мен гайкалардың салмақтарын есептей келе (5 кг), барлығы $\sum Q_c = 18$ кг.

ә) маркасы М500 бетонның 15% түсіп қалуын есептегендегі шығыны - $V_\sigma = 1,15(2 \cdot h_1 + 1,33 \cdot B_1) \cdot \delta_k = 1,15 \cdot (2 \cdot 3 + 1,33 \cdot 4) \cdot 0,03 = 0,39 \text{ м}^3$.

Орындалған есептеулердің негізінде қазбаны бекітпелеу паспорты хатталып, графикалық сызбалары дайындалады.

Курстық жұмыстың (жобаның) үлгілік тақырыбы: «Жазық қазбаны бекітпелеу паспортын дайындап құрастыру».

Осы тақырыпқа арналған курстық жұмыс төмендегі кезекпен жүргізіледі:

1) Қазбаның көлденең қимасының мөлшері (ені, биіктігі және ауданы) анықталады. Олар оның қызметіне жабдықтардың (тасымал, көлік, т.б. машиналардың) негізгі мөлшеріне, қазбадан өтетін ауаның көлеміне, адамдардың жүретін жолдарына, қауіпсіздік ережелері қарастырған керекті ара қашықтық пен саңылауларға байланысты

болады. Графо-аналитикалық әдіспен табылған қазбаның көлденең қимасының мөлшері түсті металлургия кеніштеріне арналған қазбалардың типтік қималарының арнайы альбомымен салыстырылып [20], оған жақын типтік қима мен оның мөлшері қабылданып, кейінгі есептеулерде пайдаланылады.

2) Орнықтылық көрсеткіштерін қолдана отырып, бекітпенің түрі таңдалады да, негізгі параметрлері есептеледі.

3) Бекітпелеу паспорты құрастырылады. Оның графикалық бөлімі стандартты форматты беттің сол жақ жартысында сызылып дайындалады, оң жақ жартысында - паспорттың негізгі түсіндірме жазбасы келтіріледі.

4) Түсті металлургия кеніштерінде негізінен қазбаның тік бұрышты-күмбез пішіні пайдаланылады, сондықтан курстық жұмыста да қазбаның осы пішінін қабылдау ұсынылады.

5) Курстық жұмысты орындау кезіндегі барлық дәйектемелер, есептеулер арнайы түсіндірме жазбада келтіріліп, А4 форматты беттерде орындалады.

6) Курстық жұмысты орындауға керекті бастапқы деректер 6.1-кестеде берілген.

Есептеуге керекті басқа деректерді, осы курстың арнайы бөлімдерінен алып пайдалануға болады.

Бастапқы деректер

Вар №	Тасымал, көлік машиналарының маркалары	Тасымал, көлік машиналарының негізгі өлшемдері		$H, м$	f	$\gamma, \text{кг/м}^3$	K_c	ξ	μ
		ені $A, мм$	биіктігі $h, мм$						
0	Электровоздар – 7КР-1У вагонеткалар – ВГ-2,2	1200	1300	500	10	2600	0,25	0,75	0,25
1	Электровоздар – К-10, К-14 вагонеткалар – ВГ-4	1350	1650	700	12	2700	0,30	0,85	0,26
2	Тиеу-тасымал машинасы ПД-3	1600	1860	1000	14	2800	0,35	0,80	0,24
3	Электровоздар – К-10, К-14 вагонеткалар – ВГ-4	1350	1650	700	9	2650	0,40	0,80	0,25
4	Автосамосвал МоАЗ-7405	2850	2680	950	15	2750	0,45	0,75	0,26
5	Электровоздар – К-22 вагонеткалар – 10м ³	1800	1600	1150	14	2700	0,50	0,80	0,27
6	Тиеу-тасымал машинасы ПД-2Б	1750	1650	800	12	2650	0,35	0,85	0,26
7	Электровоздар – К-22 вагонеткалар – 10м ³	1800	1600	700	10	2700	0,40	0,75	0,25
8	Тиеу-тасымал машинасы ПД-8	2500	2500	900	15	2800	0,40	0,80	0,28
9	Электровоздар – 7КР-1У вагонеткалар – ВГ-2,2	1200	1300	800	12	2700	0,30	0,80	0,26
10	Электровоздар – К-10, К-14 вагонеткалар – 4м ³	1350	1650	650	9	2600	0,35	0,80	0,25

7. ЖЕРАСТЫ ҚАЗБАЛАРЫ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЖОБАЛАУДЫҢ НЕГІЗДЕРІ МЕН ТИІМДІЛІГІНЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТАЛАПТАР

Жерасты қазбаларының және ғимараттарының конструкцияларын жобалағанда, инженерлік шешімдерге - техникалық және экономикалық талаптар қойылады.

Барлық жерасты ғимараттары үшін қызмет уақытына байланысты мықтылықты, орнықтылықты қамтамасыз ететін және деформациялануды шектейтін жалпы техникалық талаптары жатады. Сонымен қатар, қазбалардың немесе жерасты ғимараттарының қызмет бабына байланысты арнайы техникалық талаптар қамтамасыз етілуі тиіс: аэродинамикалық кедергісінің аз болуы, отқа және аязға төзімділігі, су немесе газ өткізбеушілігі, шектелген жылу өткізгіштігі, сейсмотөзімділігі, сыртқы ортаның агрессивтігіне төзімділігі, т.б.

Мықтылыққа, орнықтылыққа және деформацияны шектеуге қойылатын талаптардың негізгілерін осы оқу құралының басқа бөлімдерінде қарастырып өттік, сондықтан осы тарауда экономикалық талаптарға көбірек көңіл бөлдік.

Инженерлік конструкциялардың жобалық шешімдеріне қойылатын экономикалық талаптардың мақсаты - ең аз капиталдық және эксплуатациялық шығындармен жерасты қазбалары мен ғимараттарының эксплуатациялық сапасын, орнықтылығын қамтамасыз ету [21, 3].

Экономикалық талаптарды орындай отырып, жобалық шешімдерді таңдау, күрделі технико-экономикалық есепті шешуге алып келеді. Сондықтан, жобалаушының алдында бірнеше техникалық жағдайда, бәсеке қабілетті варианттарынан экономикалық байып бойынша оптимальды бір вариантын таңдау мақсаты тұрады.

Бірақ, кен-техникалық әдебиетте осы уақытқа дейін бекітпенің оптимальдық конструкциясын таңдау сұрағы өз жауабын таппай отыр.

Осы сұрақты шешудің белгілі жолдарынан [22] жұмыста келтірілген әдістемені қарастыруға болады.

Бекітпелердің бәсеке қабілетті варианттарын экономикалық салыстыру критерийге келтірілген шығындарды (C) қабылдайды. Салыстырылып отырған варианттардың оптималдысы болып, C мөлшерінің ең азы саналады. Жалпы түрде осы шарт мына түрде жазылады:

$$C = E_n \cdot C_k + C_3 \longrightarrow \min, \quad (7.1)$$

мұндағы C_k - қазбаны жүргізуге кететін капиталдық шығындар;

E_n - капиталдық салымдардың салалық нормативтік коэффициенті, көмір өнеркәсібі үшін - $E_n = 0,10$; тау-кен үшін - $E_n = 0,14$; тау-химия өнеркәсібінде - $E_n = 0,33 - 0,2$; құрылыстың басқа салаларында $E_n = 0,17$;

C_3 - қазбаны барлық қызымет уақыты бойынша қалыпты жағдайда қамтамасыз етуге кететін эксплуатациялық шығындар.

Қазбаны тұрғызуға кететін капиталдық шығындар төмендегі теңдеу арқылы анықталады:

$$C_k = \frac{C_{np} \cdot l \cdot K_{н.р} \cdot K_{о.р}}{0,4 + 0,6 \cdot K_p}, \quad (7.2)$$

мұндағы C_{np} - қазбаның 1 м тұрғызуға кететін тура нормаланған шығындар, руб/м (7.1-кесте); осы кестеде 1 м қазбаны тұрғызуға кететін тура шығындардың мөлшерлері орталанып келтірілген, бұл көрсеткіш көптеген факторларға байланысты (бекітпелеу технологиясына, құрылыс ауданына, қазбаның көлденең қимасына, материалдар шығынына, т.б.), сондықтан нақты жағдайлар үшін ол есеп бойынша анықталуы тиіс;

l - қазбаның ұзындығы, м;

$K_{н.р} = 1,344$ - үстеме шығындар және жоспарлы қорландыру коэффициенті;

$K_{o.p}$ - жалпышахта шығындары коэффициенті, салынып жатқан шахталар үшін - $K_{o.p} = 2,14$; істеп тұрғандары үшін - $K_{o.p} = 1,37$;

$K_{к.р}$ - бекітпе түрінің қазбаны жүргізу жылдамдығына әсер ету коэффициенті: кәсекті толық қабыспаған бекітпелер үшін — 0,9; құрастырылмалы темір-бетон және қатты металл-бетон бекітпелері үшін — 1,0; металлбетонды (отырмалы) және арнайы профильді кәсекті бекітпелерге — 1,1; анкерлі және бүрікпебетон бекітпелерге — 1,2; толық қабысқан бекітпе конструкциялары үшін $K_{к.р}$ - мағыналары 1,1 есе азайтылуы тиіс.

7.1-кесте

№	Бекітпенің түрі	1м қазбаны жүргізуге кететін тура нормаланған шығындар, руб	
		біржолды	екіжолды
1	Металл аркалы арнайы профильден	106	142
2	Металл сақинатүрлі арнайы профильден	145	-
3	Керікүмбезді металл сақинатүрлі арнайы профильден	126	196
4	Күмбезді тұтас-бетоннан	105	160
5	Қабысқан тұтас-бетоннан	126	196
6	Аркалы тұтас-бетоннан	213	445
7	Қабысқан металл-бетоннан	281	578
8	Аркалы құрастырмалы темір-бетоннан	88	132
9	Аркалы аралас түрлі	104	137
10	Аркалы темір-бетон таза бетті тюбингтен	277	321
11	Қабысқан темір-бетон таза бетті тюбингтен	466	486
12	Кәсекті бетон бекітпе	166	308
13	Бүрікпебетоннан	130	220
14	Темір-бетон анкерлері	75	130
15	Металл анкерлері	90	136

Ескерту. 1. Шығындар 1985 жылға дейінгі бағалармен берілген.

3. Кәсекті бекітпелер туралы деректер тығыздығы 1 кәсек 1 м орнатылған жағдай үшін берілген.

Эксплуатациялық шығындар (C_3) амортизациялық өтемге (C_a), желдетуге (C_6) және жөндеу-қайта құру жұмыстарына (C_p)- кететін шығындардың қосындысынан тұрады:

$$C_3 = C_a + C_6 + C_p . \quad (7.3)$$

Амортизациялық өтемдерге кететін шығындар төмендегі теңдеу арқылы анықталады:

$$C_a = 0,01 \cdot A_z \cdot C_k , \quad (7.4)$$

мұндағы A_z - амортизациялық өтемдердің есепті жылдық проценті, заттың (объекттің) баланстық бағасының оның қызмет ету уақытына қатынасы арқылы анықталады. Кейбір шахталардағы зерттеулердің деректеріне байланысты [22] қазбаның қызмет уақыты мөлшері кәсіпорынның эксплуатация уақытына тең болғанда (A_z) орташа есеппен 1,7-1,8-ге тең болады, ал шахтаның горизонтындағы немесе бір қанатындағы кен қорын қамтамасыз ететін қазбалар үшін – 3,7-3,8.

Желдетуге C_6 кететін шығындар (берілген бекітпенің түрімен қазба бойынша ауаның қозғалуы) мынадай кезекпен анықталады:

$$C_6 = \frac{190 \cdot \alpha \cdot N \cdot l \cdot Q^3 \cdot e}{S^3} , \quad (7.5)$$

мұнда α - қазбаның аэродинамикалық кедергі коэффициенті; арнайы профильді аркалы бекітпелер мен бекітілген қазбалар үшін $\alpha = 0,002$, тұтас бетон мен темір-бетон бекітпелері үшін $\alpha = 0,0005 \div 0,0006$, бүрікпебетон үшін $\alpha = 0,0008 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

N - қазбаның периметрі, м ;

Q - қазба бойынша өтетін ауаның мөлшері, $\text{м}^3 / \text{с}$;

S - қазбаның көлденең қимасы, м^2 ;

e - электроэнергия төлем тарифі, руб/квт.ч, құрылыс жүріп жатқан аудандарға байланысты, орта есеппен 0,022 руб/квт.ч тең болады.

Жөндеу-қайта құру жұмыстарына C_p кететін шығындар қазбаның деформацияланған анкерлерін қайта бекітуге немесе бекітпелерді күшейтуге $C_{p.к}$ кететін шығындардың және қазба табанының бұзылған жерлерін $C_{p.н}$ қайтадан қалпына келтіруге кететін шығындардың қосындысынан тұрады

$$C_p = C_{p.к} + C_{p.н} . \quad (7.6)$$

Толық қабысқан бекітпе конструкциялары үшін $C_{p.н} = 0$, сондықтан барлық шығындар $C_{p.к}$ құнымен есептеледі.

Бекітпені жөндеуге кететін шығын былай анықталады:

$$C_{p.к} = (1 - P_к) \cdot l \cdot n \cdot \kappa_{н.р} \cdot \kappa_{н.л} \cdot \kappa_{о.р} , \quad (7.7)$$

мұндағы $P_к$ - бекітпе конструкциясының жұмыс сенімділігі;

кейбір бекітпелер үшін $P_к$ мағналары [22] жұмыстан алынып 7.2-кестеде келтірілген;

n - қазбаның деформацияланған жерін қалпына келтіруге кететін шығынның оның бастапқы құрылыс бағасына қатынасы (қайта бекітпелеу болғанда 7.2-кестеден) алынады.

Қазба табанындағы жыныстардың қабынуынан болған бұзылуларды қайта қалпына келтіруге кететін шығындарды мынадай теңдеумен анықтау ұсынылады:

$$C_{p.н} = (1 - P_n) \cdot l \cdot C_n \cdot K_{н.р} \cdot K_{о.р} , \quad (7.8)$$

мұндағы P_n - бекітілмеген қазба табанының жұмыс сенімділігі;

$P_n \leq 0,9$ деп қабылдау ұсынылады;

C_n - бекітілмеген қазба табанының 1 м қалпына келтіру жұмыстарының бағасы; біржолды қазбалар үшін - $C_n = 12 - 20$ руб/м, екіжолды үшін - $C_n = 22 - 34$ руб/м.

№ к/к	Бекітпелердің түрлері	Бекітпе жұмысының сенімділігі, P_k	n коэффициенті- нің мағыналары
1	Құрастырылмалы кәсектерден	$\frac{0,99}{0,98}$	$\frac{1,11}{1,3}$
2	Құрастырылмалы темірбетоннан	$\frac{0,97}{0,94}$	$\frac{1,0}{1,2}$
3	Тұтас темірбетоннан (екітаврлы кәсектер бетонда)	$\frac{0,99}{0,98}$	$\frac{0,8}{1,1}$
4	Тұтас темірбетоннан (СВП аркалары бетонда)	$\frac{0,98}{0,96}$	$\frac{0,7}{0,9}$
5	СВП кәсектері металлдан	$\frac{0,95}{0,90}$	$\frac{0,6}{0,8}$
6	Тұтас бетоннан	$\frac{0,96}{0,90}$	$\frac{0,5}{0,7}$
7	Бүрікпелбетоннан	0,95	0,2

Ескерту. Алымында - қабыспаған бекітпелер конструкцияларының көрсеткіштері; бөлімінде - қабысқан бекітпелер үшін.

Егер келтірілген шығындар C бекітпелердің бірнеше варианттары үшін тең болып шықса (10% дейін ауытқулармен), онда капиталдық шығындары кем, тұрғызу технологиясы, жұмыс сенімділігі жоғары конструкцияларға артық жол берген дұрыс болады.

Д.А. Қонаев атындағы тау-кен ғылыми-зерттеу институтының қызметкерлерімен бірге, автордың нақты қатысуымен 1993-1996 жылдары Жезқазған кеніштерінде тиімділігі жоғары металл-резина анкерлерін өндірістік сынақтан өткізіп, жазық қазбалардың төбесін бекітпелеуге кеңінен пайдаланылды.

Металл-резина және темір-бетон анкерлерін дайындауға және орнатуға кететін шығындардың салыстырмалы талдауы төменде келтірілген.

Талдауға керекті бастапқы деректер 1996 жылғы АО «Жезказганцветмет» үш жерасты кеніштерінің орташа көрсеткіштерінен алынған.

Есеп жүргізген (1996 ж. март) кездегі АҚШ долларының құны 65,3 тенге болды, сондықтан осыған байланысты келесі жылдарға керекті цифрларды есептеп алуға болады.

Металл-резина және темір-бетон анкерлерін дайындауға және орнатуға кететін салыстырмалы шығындар 7.3-кестеде келтірілген.

7.3-кесте

№ к/к	Анкер комплектісін дайындауға және орнатуға кететін шығындар тізбегі	Бекітпе түрлері, теңге/компл	
		Темір-бетон анкері	Металл-резина анкері
Дайындауға кететін өндірістік шығындар			
1	Материалдар	214,1	213,9
2	Дайындау еңбек ақыға 32% салықты ескергенде	137,2	337,7
Орнатуға кететін шахталық шығындар			
3	Бұрғылау (е/а салығын ескергенде)	148,8	119,6
4	Орнату (е/а салығын ескергенде)	42,0	17,9
5	Барлығы шахталық шығындар	191,0	137,5
6	Бекітпелеу комплектісіне жалпы шығындар	542,3	725,1

Металл-резина анкерін дайындау $587,6 - 351,3 = 236,3$ теңге қымбатқа түседі, ал орнатуға кететін шығын $191 - 137,5 = 53,5$ теңге темір-бетон анкерге қарағанда аз кетеді.

Дайындалған және орнатылған металл-резина анкері $725,1 - 542,3 = 182,8$ теңгеге ғана қымбат түседі.

«Темір-бетон штангалық бекітпені пайдалану инструкциясы» бойынша (ДНИПИцветмет, 1990, 22 бет), бұл бекітпе 1,0 x 1,3м торы бойынша орнатылады, мұндағы 1,3м - қазба осы бойынша бекітпелеу қадамы.

Онда темір-бетон анкеріне төбенің $1,0 \times 1,3 = 1,3 \text{ м}^2$ ауданы келеді, сондықтан төбені бекітпелеудің 1 м^2 бағасы мынадай болады:

$$542,3 : 1,3 = 417 \text{ теңге/м}^2.$$

Металл-резина анкерлерін төбеде орналастыру торы, олардың көтеру қабілеттілігіне байланысты есептеледі. Өндірістік және лабораториялық жағдайларда жүргізілген сынақтардың нәтижесі бойынша 1 анкердің көтеру қабілеттілігі орта есеппен 9 т құрайды. Сондықтан, бекітпелеуге кететін шығындарды азайту үшін металл-резина анкерін оның көтеру қабілеттілігі 9 т келістіріп жүктемелеу керек.

Штректің төбесіндегі жыныстардың орнықтылығын арттыру және бекітпелеуге кететін шығындарды азайту үшін металл-резина анкерлерін рационалды түрде орналастыруымыз керек. Штректің осы бойынша олардың қатарларын 1 м арақашықтықта орналастырамыз, ал темір-бетон анкерлерінде бұл қашықтық 1,3 м болатын.

Сонымен қатар, металл-резина анкерлерінің қатардағы өзара қашықтықтары үлкейтіледі.

Өздігінен жүретін жабдықтарды пайдаланған кезде, тасымал штректерінің орташа жүргізу ені $B_1 = 4,7 \text{ м}$ болады, ал бұрылатын иіндерінде $B_1 = 5,4 \text{ м}$ дейін жетеді.

Ені $B_1 = 4,7 \text{ м}$ штректі металл-резина анкерімен бекітпелегенде бірінші қатарға ара қашықтығы 1 м 3 анкерді орналастырамыз, штректің қабырғасына дейінгі қашықтық 1,35 м болады, екінші қатарға 2 анкер, олардың арасы 1,5 м құрайды, штректің қабырғасына дейін 1,6 м. Екі қатардағы 5 анкер штректің 2 м төбесін ұстап тұрады, бір металл-резина анкеріне келетін төбенің ауданы - $(4,7 \times 2) : 5 = 1,88 \text{ м}^2$. Осылай орналастырылған 1 анкерге түсетін жүктеме опырылым биіктігі $e_k = 1 \text{ м}$ болғанда — $1 \times 1,88 \times 2,6 = 4,8 \text{ т}$, мұндағы $2,6 \text{ т/м}^3$ - жыныстардың меншікті тығыздығы. Мықтылық еселеуіші $n_k = \frac{9}{4,8} = 1,8$ құрайды.

Металл-резина анкерлерін осылай рационалды түрде орналастырған да, қазба төбесінің 1 м² бекітпелеудің шығыны $725,1 : 1,88 = 386$ теңге/м² болады, ал темірбетон анкерлерімен салыстырғанда оның бағасы төмендейді:

$$417 - 386 = 31 \text{ теңге/м}^2.$$

Штректерді жүргізудің орташа жылдамдығын 100 м/ай деп алған кезде, ені 4,7 м ұзындығы 100 м штректі металл-резина анкермен бекіткенде шығынның азаюы:

бір айда $4,7 \times 100 \times 31 = 14570$ теңге, ал жылына $14570 \times 12 = 174840$ теңгені құрайды.

Кеніштерде 1996 жылы 80000 темірбетон анкерлері орнатылған болса, олардың жалпы ауданы $80000 \times 1,3 = 104000$ м² құрайды.

Металл-резина анкерлерін темірбетон анкерлерінің орнына қолданған кезде, бір жылдағы қазба жүргізу жұмыстарындағы шығындардың азаюы төмендегідей болады:

$$104000 \times 31 = 3224000 \text{ теңге}.$$

Қазба жұмыстарында металл-резина және темір-бетон анкерлерінің экономикалық салыстыруларының қорытынды нәтижелері 7.4-кестеде келтірілген.

Еңбек шығынының 14,8 адам/смена төмендеуі қазба жүргізушілерге қосымша 9-10 м штректі қазуға мүмкіндік беріп, еңбекақылары жоғарылайды.

7.4-кесте

Металл-резина және темірбетон анкерлерінің экономикалық салыстырма есептеулерінің жиынтығы

№ к/к	Салыстырмалы позициялары	Бекітпе түрі		Салыстыру нәтижелері және ескертпелер
		Темір-бетон анкері	Металл- резина анкері	
1	2	3	4	5
1	Бір анкерге келетін төбенің ауданы	1,30	1,88	$1,88 - 1,30 = 058 \text{ м}^2$, артық

7.4-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
2	Қазба төбесінің 1м ² бекіт-пелеуінің бағасы, <i>теңге/м²</i>	417	386	417 – 386 = = 31 <i>теңге/м²</i> , төмендейді
3	Ені 4,7 м штректің 100 м кететін анкерлердің комплектісі	361	250	361 – 250 = 111 анкерге азаяды
4	Бір забойға кететін шығынның жыл бойынша жобамен төмендеуі, <i>теңге</i>	-	174840	Кеніш бойынша жобамен экономиялық тиімділік – 3224000 <i>теңге</i>
5	100м штректі бекітпелеуге кететін еңбек шығыны, <i>адам/см</i>	23,4	8,6	Еңбек шығыны 14,8 <i>адам/см</i> шахта бойынша 1 айда төмендейді
6	Бекітпені дайындауға кететін еңбек шығыны, <i>адам/см</i>	6,2	16,3	Жер үстіндегі шеберханадағы еңбек шығыны 10,1 <i>адам/см</i> өседі
7	Забойға әкелінетін материалдардың көлемі, 1 айда 1 жылда	4,7 55,2	1,2 14,4	Материалдарды әкелу көлемі 4 есе төмендейді

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Ржевский В.В., Новик Г.Я.* Основы физики горных пород. - М.: «Недра», 1978.
2. *Дмитриев А.П., Новик Г.Я., Андриенко Н.И.* Лабораторный практикум по курсу «Основы физики горных пород». - М.: изд. МГИ, 1971.
3. *Галушко В.Т., Цой Т.Н., Ваганов И.И.* Охрана выработок глубоких шахт. — М.: «Недра», 1975.
4. *Карташов Ю.М., Матвеев Г.В. и др.* Прочность и деформируемость горных пород. — М.: «Недра», 1979.
5. *Губенин Ю.Б., Крахин Н.С.* Типовые паспорта крепления для рудников цветной металлургии. — Горный журнал, 1982, №9, с. 54-57.
6. *Максимов А.П.* Горное давление и крепь выработок. — М.: «Недра», 1973.
7. *Ломако П.Ф.* Рудная база — основа развития цветной металлургии СССР. — Горный журнал, 1977, №11, с. 9-14.
8. *Шехурдин В.К.* Задачник по горным работам, проведению и креплению горных выработок. — М.: «Недра», 1985.
9. СНиП II-21-75. Бетонные и железобетонные конструкции (Госстрой СССР). М.: Стройиздат, 1976.
10. СНиП II-94-80. Подземные горные работы (Госстрой СССР). М.: Стройиздат, 1982.
11. *Аксель А.М.* Определение нагрузки на крепь и выбор типа крепи. — Алматы: КазНТУ, 1993.
12. СНиП II-44-78. Тоннели железнодорожные и автодорожные. Нормы проектирования. - М.: 1978.
13. СНиП II-40-80. Метрополитены. Нормы проектирования. М.: 1981.
14. *Жаркенов М.И., Никуйко Е.С.* Металло-резиновый анкер. Патент РК, KZ, №4308, 15.09.1998, Бюл. №1.

15. *Шехурдин В.К., Холобаев Е.Н., Несмотряев В.Н.* Проведение подземных горных выработок. – М., «Недра», 1980.
16. *Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г.* Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. – М., «Недра», 1989.
17. *Заславский Ю.З., Мостков В.М.* Крепление подземных сооружений. – М., «Недра», 1979.
18. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. М., «Недра», 1986.
19. *Вяльцев М.М.* Технология строительства горных предприятий в примерах и задачах. – М., «Недра», 1989.
20. Руководство по применению типовых сечений горных выработок для рудников цветной металлургии СССР. – М., 1987.
21. *Баклашов И.В., Картозия Б.А.* Механика подземных сооружений и конструкции крепей. – М., «Недра», 1984.
22. Руководство по выбору крепи для выработок, проводимых комбайнами. Донецк, 1979.
23. *Әбдіраманов Ш., Жәркенов М.І. және т.б.* Тау-кен атауларының орысша-қазақша және қазақша-орысша терминологиялық сөздігі. Алматы: Республикалық баспа кабинеті, 1993.
24. *Жәркенов М.І. және авторлар ұжымы.* Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Кен ісі және металлургия. Алматы: «Рауан», 2000.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	5
1. Таужыныстарының физика-механикалық және кен-технологиялық қасиеттері	7
2. Тау қысымы және жыныстар массивінің кернеулі жағдайы	15
2.1. Тиілмеген массивтегі жыныстардың кернеулі жағдайы.....	15
2.2. Қазба айналасындағы таужыныстарының кернеулі жағдайы.....	17
2.3. Жыныстардың орнықтылық параметрлерін есептеу және бекітпені таңдау.....	24
2.4. Жазық қазбалардағы тау қысымын есептеу.....	26
3. Құрылыс нормалары мен ережелері (СНиП тер) бойынша қазба конструкцияларына түсетін есепті жүктемелерді анықтау.....	37
3.1. Жазық қазбалар айналасындағы жыныстардың орнықтылығын олардың ығысу мөлшері бойынша анықтау, бекітпенің түрін таңдау.....	37
3.2. Жазық қазбалардың бекітпелеріне тау қысымынан түсетін есепті жүктемелерді анықтау (СНиП II-91-80).....	42
3.3. Көлік тоннелінің қаптамасына тау қысымынан түсетін есепті жүктемені анықтау (СНиП II-44-78).....	50
3.4. Метрополитен тоннельдері мен станцияларының қаптамасына тау қысымынан болатын есепті жүктемелерді анықтау (СНиП II-40-80).....	56
4. Жазық және көлбеу қазбалардың бекітпелерін есептеу.....	63
4.1. Бекітпелерді есептеудің жалпы ескертпелері.....	63
4.2. Анкерлі және комбинациялық бекітпелерді есептеу.....	64

4.2.1. Анкерлі бекітпені есептеу.....	64
4.2.2. Бүрікпобетон бекітпесін есептеу.....	77
4.2.3. Комбинациялы бекітпені есептеу.....	80
4.3. Тұтас бетон бекітпесін есептеу.....	81
4.4. Аркалы металл отырма бекітпелерді есептеу.....	84
4.5. Ағаш бекітпелердің конструкцияларын және кәсекті ағаш бекітпені есептеу.....	93
4.5.1. Төбе тұстан қысым болып бүйірлерінде қысым болмағанда бекітпені есептеу.....	95
4.5.2. Төбеден және бүйірлерден қысым түскен кездегі бекітпені есептеу.....	97
5. Жазық тау қазбаларының көлденең қимасының пішіні мен мөлшерлері.....	103
5.1. Жалпы мағлұматтар.....	103
5.2. Тік бұрышты-күмбез пішінді қазбаның мөлшерлерін анықтау.....	107
6. Жазық қазбаларды бекітпелеу паспортын құрастыру.....	118
7. Жерасты қазбалары конструкцияларын жобалаудың негіздері мен тиімділігіне қойылатын техникалық және экономикалық талаптар.....	126
Әдебиеттер тізімі.....	136

Оқулық басылым

Құрама жоспар 2004 ж. Бағ.

Марат Іскендірұлы Жәркенов
Ердұлла Тұрғанбекұлы Сердалиев

ЖАЗЫҚ ҚАЗБАЛАР КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЖОБАЛАУ

Оқу құралы

(1901, 1902, 1904, 1905 мамандықтары студенттеріне)

Редакторы
Техникалық редакторы

К. Мүптекеқызы
Ж.К. Еланова

Басуға қол қойылды « ____ » _____ 2004 ж.

Таралымы 500 дана. Пішімі 60x84 1/6 №1 баспаханалық қағаз.
Көлемі 10,0 есепті- баспа табақ. Тапсырыс № _____ Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
университетінің басылымы

ҚазҰТУ - дың Баспа орталығы,
Алматы, Ладыгин көшесі, 32