О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Тау-кен ісі» кафедрасы

MIN4551 «Ұңғымалық қалқандық комплекстер» (кешендер) пәні бойынша

1-практикалық жұмыс

Тақырыбы: Таужыныстарының физико-механикалық қасиеттерімен танысу және есептеу жолдары

«6B07205-Тау-кен инженериясы» мамандығы үшін

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

Эл.почта: T.Almenov@satbayev.university

Алматы, 2026

MIN4551 «Ұңғымалық қалқандық комплекстер» (кешендер) пәнінен
1-практикалық жұмыс. «Таужыныстарының физико-механикалық қасиеттерімен есептеу жолдары»

Жұмысты орындау мақсаты. Тау-кен қазбалары мен жерасты ғимараттары жер асты сілемдерінде салынатын болғандықтан таужыныстары сілемдерінің негізі фізико-механикалық қасиеттерін терең білу қажет. Яғни, білім алушыларға жерасты ғимараттарын салу әдістерін, қалқандық комплекстердің түрін таңдау жолдарын таужыныстары сілемдерінің сипаттамаларын мегерту арқылы үйрету болып табылады.

Жұмысты орындау талаптары. Әрбір студент оқытушы ұсынған есептеу мысалдарына қарап, өз варианты бойынша қажетті есептеулерді (схемалармен, есептеу формулаларымен, суреттермен бірге) А4 парағы беттеріне жазып (компъютер көмегімен теру және сызу арқылы) орындап, титул беттерімен рәсімдеп, есеп беруі керек, яғни, презентациялық (Microsoft Word немесе слайд Microsoft PowerPoint) материалдармен дайындалып, жұмысты оқытушы алдында қорғауы қажет. Қорғап болғаннан кейін әрбір студент өзінің жұмысын Microsoft Teams платформасына салуы тиіс. Әрбір студент төменде берілген кестеден өз варианттарын алады. Практикалық жұмыстың варинттарын әрбір студентке оқытушы ұсынады.

Өткізу және қорғау мерзімі: Орындалған жұмыс силабустағы жоспар бойынша **3-ші аптаның соңына дейін** тапсырылуы тиіс. Аталған мерзімнен кешіккен білім алушыдан жұмыс қабылданбайды.

№1 практикалық жұмыс бойынша жұмысты орындауға ұсынылатын **бастапқы деректер** 2-кестелерде келтірілген. Ал, **варианттар** реті 3-кестеде келтірілген.

1-практикалық жұмыстың теориялық түсіндермесі

Таужыныстарының физика-механикалық қасиеттерін білу – жерасты қазбаларын өтудің тиімді әдістерін дұрыс таңдауға және негіздеуге, қазба өтуші жабдықтардың түрлерін дұрыс қабылдауға, және тау-кен жұмыстарын оңтайлы жоспарлауға мүмкіндік береді.

Таужыныстарының бекемдігі – таужыныстарына сыртқы күшпен әсер еткенде, қарсы кедергі жасау қабілеттілігін сипаттайды да, негізінен бекемдік коэффициентімен белгіленеді.

Таужыныстарының бекемдігіне байланысты олардың жіктелім топтамасын профессор М. М. Протодьяконов жасаған.

Таужыныстарының тығыздығы дегеніміз – оның табиғи күйіндегі массасының көлеміне қатынасын айтады.

Таужыныстарының физикалық параметрлеріне жататын **тығыздық** қасиеттеріне: тығыздығы, салмағы (меншікті, көлемдік), кеуектілігі (жалпы, ашық) әсер етеді. Тығыздықты таужынысының массивтегі (табиғи жаралған түріндегі), үлгідегі және қопсыған (үйінді) түріндегі тығыздығы деп ажыратады.

Таужыныстары массивінде жарықшақтардың, кеуектердің болуы әсерінен, таужыныстарының массивтегі тығыздығы, үлгідегі тығыздығынан аз мөлшерде болады.

Біртекті заттың (дененің) жалпы қабылданған тығыздық туралы түсінігіндегі заттың массасының m оның алатын көлеміне V қатынасы әртүрлі дәрежедегі кеуекті және жарықшақты ортадағы таужыныстары үшін келе бермейді.

Таужыныстарын сипаттау үшін көлемдік тығыздық және таужынысының қаңқасының тығыздығы деген түсініктемелерді қолданады. Көлемдік тығыздық γ (бұдан ары қарай - тығыздық) – таужынысының табиғи ылғалдылығы немесе құрғақ кезіндегі массасының оның толық көлеміне, кеуектерін және жарықшақтарын қосқандағы, қатынасына тең болады:

$$\gamma = \frac{m}{V},\ кг/м^3 \qquad (1)$$

Көпшілік таужыныстарының тығыздығы 1500-ден 3500 кг/м^3 дейін өзгереді. Егер таужынысы жобамен біркелкі тығыздығы бар минералдардан құралса, онда таужынысының тығыздығы негізінен кеуектілікке тәуелді болады. Мысалы, әктастардың тығыздығы 1500-ден 2500 кг/м^3 дейін өзгереді. Осы кезде әктасты құрайтын кальциттің тығыздығы 2700 кг/м^3 тең.

Кенді пайдалы қазбалар үлкен тығыздыққа ие болады, себебі олардың құрамына ауыр кендік минералдар енеді (гематит, магнетит, сидерит, киноварь және басқа да көптеген минералдар). Гидрохимиялық тұнбалардың салыстырмалы тығыздықтары төмен болады. Мысалы, гипістің 2300 кг/м^3, тас тұзының 2100 кг/м^3 тең тығыздығы бар.

Таужыныстарының тығыздығын жаратылыс және зертханалық жағдайларда анықтайды. Жаратылыс жағдайларында тығыздықты таужыныстарының табиғи ылғалдылығы, ал зертханалық жағдайда көбінесе таужыныстары үлгілерінің құрғақ кезінде анықтайды.

Таужынысының көлемдік салмағын төмендегі формула бойынша анықтайды:

$$\rho = \gamma \cdot g\ ,\ Н/м^3 \qquad (2)$$

мұндағы γ – таужынысының тығыздығы, кг/м^3;

g – еркін құлау үдеуі , м/с^2.

Таужыныстарының кеуектігі деп - таужыныстарындағы қуыстар қосындысының қатынасты көлемін айтады. Кеуектік әдетте процентпен көрсетіледі, яғни кеуектің өзінің көлемін ($V_п$) жыныстың жалпы көлеміне (V) қатыстыра есептейді:

$$P = 100 \cdot \frac{V_n}{V},\ \%. \qquad (3)$$

Кеуектік коэффиценті $К_п$ кеуектер көлемінің $V_п$, таужыныстарының минералдық затының (қатты фаза) көлеміне V_0 қатынасын көрсетеді:

$$K_n = \frac{V_n}{V_0}. \qquad (4)$$

Таужыныстарының кеуектілігі өте кең аралықта өзгереді – процценттің кішкене бөлігінен ондаған процентке дейін. Магматикалық таужыныстарының (туфолавалар, тахиттер) атқыланған түрлерінің 50–60% тең кеуектері болады. Шөгінді таужыныстарында өте жоғары кеуектілік болады.

Жалпы кеуектілік (%) есептік сипаттама болып саналады, оның мөлшерін таужынысының тығыздығы және оның минералдық затының (меншікті салмағы) тығыздығы арқалы анықтайды:

$$P = \frac{(\gamma_{м.з.} - \gamma)\cdot 100}{\gamma_{м.з.}}, \qquad (5)$$

мұнда $\gamma_{м.з.}$ - минералды затының тығыздығы, кг/м^3.

Осылайша жалпы кеуектілік коэффициентін есептеуге болады:

$$K_n = \frac{\gamma_{м.з.} - \gamma}{\gamma_{м.з.}}. \qquad (6)$$

Таужыныстарында кеуектердің және жарқышақтардың болуы оларда белгілі бір мөлшердегі сулардың болуына себебін тигізеді. Бұл кезде химиялық, физикалық байланған және бос сулар болып ажыратылады.

Таужынысының жарықшақтығы дегеніміз - таужыныстары массивінде табиғи және жасанды жолдармен пайда болған, олардың деңгейі мен өлшемдері әртүрлі болып ауытқитын жарықтарды айтамыз.

Таужынысының жарықшақтануы пайда болуына байланысты екі топқа бөлінеді: *табиғи* және *жасанды*. Табиғи жарықшақтар геологиялық процесстердің нәтижесінде түзілген таужынысында, таужынысының кристалдарының тығыздалуы мен қайта пайда болуы кезінде және жыныстардың жылжуы нәтижесінде пайда болады.

Ал, жасанды жарықшақтар механикалық процесстердің (БАЖ-тарымен қазбаларды жүргізу, кен өндіру, комбайндық қазу әдістері және т.б.) жүргізілуінің нәтижесінде пайда болады.

Таужыныстары массивінің мықтылығы жарықшақтардың болуына байланысты оның бөлек бір кесегінің беріктігінен кем болады. Жарқышақтар деңгейінің көбейуіне байланысты таужыныстары массивінің мықтылық сипаты азаяды, деформациясы көбейеді. Таужыныстары үлгісінің беріктігі арқылы массивтің мықтылық сипаттамасын алу үшін есептеулерге құрылымдық әлсіреу коэффициенті $К_с$ енгізіледі (таужыныстарының массивтегі мықтылығының кесектегі беріктігіне қатынасы).

Массивтің жарықшақтық деңгейіне байланысты $К_с$ мағынасын 1.4- кестеден алуға болады.

1-кесте. Таужыныстарының жарықшақтық деңгейіне байланысты бөліну топтпмасы және құрылымдық әлсіреу коэффициентінің ($К_с$) мөлшері

Жарықшақтық деңгейі	Жарықшақтардың бір бірінен орташа қашықтығы, м	Құрылымдық әлсіреу коэффициенті ($К_с$)
Тұтастанған	1,5 артық	0,9
Аз жарықшақты	1,5-1,0	0,8
Орта жарықшақты	1,0-0,5	0,6
Көп жарықшақты	0,5-0,1	0,4
Өте жарықшақты	0,1 кем	0,2

Жарықшақтардың бағыттарына байланысты *ретті* және *ретсіз* болуы мүмкін. Бірінші жағдайда жарықшақтардың бір немесе бірнеше бағыттарын байқауға болады, ал екінші жағдайда жарықшақтардың бағыттарын біліп болмайды, өйткені олар ретсіз болып келеді.

Таужыныстарының қабаттылығы - деп тұнбалы таужыныстарында жіктері анық білінетін біртектес қабаттардың белгілі ретімен жатуын айтады. Таужынысының бұзылуына қабаттылық көрсеткіші үлкен әсерін тигізеді, өйткені әр қабаттағы таужыныстарының қасиеттері әртүрлі болады. Сондықтан ол қабаттар қасиеттеріне байланысты жік-жік болып бөлінуі мүмкін. Ондай жағдайда қабаттардың аралары ашылып таужыныстары бұзылады және қазбалардың беріктігі төмендейді. Таужыныстары, қабаттылығы жөнінде, мына түрлерге бөлінеді: *Өте жұқа* - қабат қалыңдығы - 0,2 м. *Жұқа* - қабат қалыңдығы - 0,2-1м. *Орташа* - қабат қалыңдығы 1-3м. *Қалың қабатты* - 3-10 м. *Өте қалың қабатты* - 10м жоғары.

Таужыныстарының қопсығыштығы – олардың қопарылған кездегі массивтегі күйімен салыстырғанда үлкен көлемді алу қасиеті. Қопарылған таужынысы көлемінің бастапқы көлеміне қатынасын – *қопсу коэффициенті* деп атайды.

Қопсу коэффициенті $К_р$ қопсытылған таужынысы көлемінің $V_р$ оның массивтегі (тұтас) көлемінің V қатынасына тең болады:

$$K_p = \frac{V_p}{V}. \qquad (7)$$

Үйінді тығыздығы $\gamma_н$ таужынысы тығыздығының γ және оның қопсу коэффициентіне тәуелді, олардың қатынасы арқылы анықталады:

$$\gamma_H = \frac{\gamma}{K_p}. \qquad (8)$$

Қопсу коэффициенті және үйінді тығыздық қопсытылған массаның түйіршіктіөлшем құрамына, бұзылған таужынысы кесектерінің фомаларына, бір бірімен орналасу жағдайына байланысты болады. Ең аз қопсулық құмды және сазды таужыныстарына тән ($К_р$ =1,15–1,20), яғни ең үлкен мөлшері– мортсынғыш таужыныстарына ($К_р$ =1,3–1,8).

Таужыныстарының кейбір қасиеттерін мысал ретінде қарастыра отырып, есептейміз.

Мысал-1. Берілген деректер бойынша массивтің $П_м$ және үлгінің $П_0$ кеуектілігін анықтаңыз. Үлгідегі таужынысының тығыздығы $\gamma = 2760\ кг/м^3$, минералды бөлшектерінің тығыздығы $\gamma_в^{\text{I}} = 3040\ кг/м^3$, массив жыныстарының зерттеліп өлшенген орташа тығыздығы $\gamma = 2550\ кг/м^3$.

Шешімі: 1) Үлгінің кеуектілігін келесідей анықтауға болады:

$$П_0 = 100 \cdot \frac{(\gamma_в^{\text{I}} - \gamma)}{\gamma_в^{\text{I}}} = 100 \cdot \frac{3040 - 2760}{3040} = 9{,}2\%;$$

2) массивтің кеуектілігі

$$П_м = 100 \cdot \frac{(\gamma_в^{\text{I}} - \gamma_м)}{\gamma_в^{\text{I}}} = 100 \cdot \frac{3040 - 2550}{3040} = 16\%.$$

Мысал-2. Берілген келесі деректер бойынша массивтегі және үлгідегі серпімділік модулін анықтаңыз, егерде үлгідегі серпімділік толқыны $C = 5000\,м/с$, массивтегі $C_р = 4550\,м/с$, ал үлгінің тығыздығы $\gamma_0 = 2700\ \ кг/м^3$. Макрожарықшақтылығы бойынша массивтің кеуектілігі $П = 9\ \%$, Пуассон коэффициенті $\mu = 0{,}25$.

Шешеімі: Үлгідегі жыныстардың серпімділігін келесідей анықтауға болады:

1. $E_0 = \gamma \cdot C^2 = 2700 \cdot 5000^2 = 6{,}75 \cdot 10^{10}\ \ Па$.

2. Массив жыныстарының тығыздығы анықталады:

$$\gamma_м = \gamma\left(1 - K_п\right) = 2700\left(1 - 0{,}09\right) = 2457\ \ кг/м^3.$$

Массивтің серпімділік модулін келесі ретте анықтауға болады:

$$E_м = C_р^2 \cdot \gamma_м \frac{\left(1 - \mu - 2 \cdot \mu^2\right)}{1 - \mu} = 4550^2 \cdot 2457 \cdot \frac{1 - 0{,}25 - 2 \cdot 0{,}25^2}{1 - 0{,}25} =$$

$$20{,}7 \cdot 10^6 \cdot 2039 = 4{,}22 \cdot 10^{10}\ \ Па = 42200\ \ Мпа$$

2-кесте. 1-мысалы бойынша тапсырма (бастапқы деректер)

Вариант	Үлгідегі жыныстың тығыздығы, γ, кг/м^3	Минералды бөлшектерінің тығыздығы $\gamma_в^{\text{I}}$, $кг/м^3$	Массивтегі жыныстың тығыздығы, $\gamma_м$, кг/м^3
1	2960	3150	2750
2	2630	2950	2560
3	2560	2740	2480
4	2780	2900	2670
5	2840	2930	2760
6	2880	2990	2790
7	2740	2810	2590
8	2900	3100	2850
9	2870	2980	2800
10	2310	2420	2260
11	2340	2450	2290
12	2370	2480	2320
13	2400	2510	2350
14	2430	2540	2380
15	2460	2570	2410
16	2490	2600	2440
17	2520	2630	2470
18	2560	2670	2510
19	2600	2710	2550
20	2640	2750	2590
21	2690	2800	2630

2-кестенің жалғасы. 2-мысалы бойынша тапсырма (бастапқы деректер)

Вар-ттар	Үлгідегі серпімділік толқыны, С, м/с	Массивтегі серпімділік толқыны, $C_р$, м/с	Үлгінің тығыздығы, γ_0 , $кг/м^3$	Массивтің кеуектілігі, П, %	Пуассон коэффиц-ті, μ
1	4500	4000	2800	11	0,25
2	5000	4500	2850	10	0,25
3	6000	5600	2900	9	0,25
4	4000	3750	2950	7	0,25
5	5100	4550	2850	8	0,25
6	5050	4500	2700	9	0,25
7	5500	5050	2980	10	0,25
8	6100	5500	2760	7	0,25
9	6500	6000	2780	6	0,25
10	4100	3600	2230	7	0,23
11	4200	3700	2310	8	0,24
12	4300	3800	2340	9	0,25
13	4400	3920	2450	10	0,25
14	4500	4000	2550	8	0,25
15	4600	4100	2590	9	0,24
16	4700	4200	2600	10	0,25
17	4800	4400	2660	8	0,23
18	4900	4500	2720	7	0,25
19	5000	4700	2810	9	0,24
20	5100	4800	2840	8	0,23
21	5500	4950	2910	10	0,25

1-ші практикалық жұмыс бойынша әрбір білім алушыға ұсынылатын варианттарды оқытушы өзі ұсынады.

Тәжірибелік жұмыс бойынша бақылау сұрақтары:

1. Таужыныстарының физика-механикалық қасиеттерінің негізгілерін айтыңыз?
2. Таужынысының кеуектілігі жөнінде түсіндіріңіз?
3. Таужынысының тығыздығы?
4. Таужыныстарының жарықшақтығы дегеніміз не?
5. Таужыныстарының бекемдігі дегеніміз не?
6. Профессор М.М.Протодьяконовтың таужыныстарын жіктеу (классификациялау) әдісі?
7. Таужыныстарының ылғалсыйымдылығы, суөткізгіштігі?
8. Таужыныстарының тұтқырлығы, кесектілігі?

Практикалық жұмыс тақырыбын терең меңгеруге ұсыналатын әдебиеттер (силлабус бойынша): [1, 2, 4, 5].

Оқытушы: техн.ғыл.канд., профессор **Алменов Т.М.**