О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Тау-кен ісі» кафедрасы

MIN4551 «Ұңғымалық қалқандық комплекстер» (кешендер) пәні бойынша
3-ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қалқанды алға жылжытатын күштерді анықтау»

«6B07205-Тау-кен инженериясы» мамандығы үшін

Оқытушы: Алменов Талгат Макулбекович, техн.ғыл.канд.,
«Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры
Тел.: +7701-657-66-57;
Эл.почта: T.Almenov@satbayev.university

Алматы, 2026

MIN4551 «ҰҢҒЫМАЛЫҚ ҚАЛҚАНДЫҚ КОМПЛЕКСТЕР» ПӘНІНЕН 3-ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС. ҚАЛҚАНДЫ АЛҒА ЖЫЛЖЫТАТЫН КҮШТЕРДІ АНЫҚТАУ

Жұмысты орындау мақсаты. Білім алушылар, тоннелдерді жерасты сілемдерінде өтуде қолданылатын қалқандық комплекстерді алға қарай жылжыту қалай жүзеге асатынын меңгеруі керек, сонымен қатар, аталған қалқандық комплексті алға жылжытатын күштердің шамасын есептеп анықтауды үйренулері тиіс.

Жұмысты орындау талаптары. Білім алушылар, тоннелдерді жерасты сілемдерінде салу барысында қолданылатын қалқандық комплекстердің алға қарай жылжу принциптері қалай орындалатындығын, оның негізгі ерекшеліктерін оқып меңгеруі тиіс (әдебиеттер көздерінен аталған тақырып бойынша ізденістік жұмыстарды жазбаша түрде түсіндірме жазбалармен орындауы керек). Сонымен қатар, әрбір студент оқытушы ұсынған материалдарды оқып, меңгеріп, оның мысалдарын қолдана отырып, өзіне тиесілі варианттар бойынша есептеулерді жүргізуі тиіс. Практикалық жұмыс Word немесе Microsoft PowerPoint бағдарламаларында презентациялық материалдармен дайындалып, аяқталған жұмысты оқытушы және топ алдында қорғалуы қажет. Өз уақытында қорғалып, өткізілген жұмыс (сапасы мен деңгейіне қарай, критериилер бойынша) бағаланады.

Өткізу және қорғау мерзімі: Орындалған жұмыс оқу семестрінің **7-ші аптасына дейін** тапсырылуы тиіс. Аталған мерзімнен кешіккен білім алушыдан жұмыс қабылданбайды.

«Қалқанды алға жылжытатын күштерді анықтау» атты 3-практикалық жұмыстың теориялық ТҮСІНДІРМЕ БӨЛІМІ

Жылжып жүру барысында қалқан алдыңғы бас бөлімінің кенжарға енуіне кедергі күштерді және корпусының сыртқы бетінің жынысқа және ішкі қабықшасы бетінің және бірге қозғалатын комплекстің басқа бөлімдерінің тұрғызылатын қаптамаға үйкеліс күштерін жеңіп өтуі тиіс.

Жалпы түрде қалқанның жүруіне кедергі күштердің қосынды мөлшері тең болады [1, 2]:

$$W=W_1+W_2+W_3+W_4, \qquad (1.1)$$

мұнда W_1 – қалқанның бас бөлімінің кенжарға енуіне кедергі күш, Н;

W_2 – қалқанның сыртқы бетінің жынысқа үйкеліс күші, Н;

W_3 – қалқанның ішкі бетінің қаптамамен үйкеліс күші, Н;

W_4 – қалқанның басқа бөлімдерінің қаптамамен үйкеліс күші, Н.

Қалқанның бас бөлімінің жынысқа ену күші жыныстардың физико-механикалық сипаттамасына, қалқанның геометриялық өлшемдеріне, оның

басқы бөлімінің конструкциясына және жынысты қазу технологиясына тәуелді болады. Қалқанның бас бөлігін жынысқа ендіру күшін анықтаудың үш негізгі жағдайын бөліп айтуға болады:

1. Тоннелді жүргізу орнықты жыныстарда атқарылады, қалқан алдын-ала ашылған кеңістікке қарай жылжиды, сондықтанда оның бас бөлігінің жынысқа ену күші нольге тең болады.

Кенжарды механикаландырып қазғанда қалқанның жылжу күшін есептеу үшін оның бас бөлігінің кенжарға ену күшінің орнына атқару органының кенжарға итеру механизмінің қосынды күшін қабылдайды.

2. Тоннелді жүргізу жұмсақ жыныстарда атқарылады, оларда кенжардың орта тұсы қалқан жылжи бастағанға дейін қазылады, ал қалқан пышақтық бас бөлімімен қазбаның контуры бойынша жыныстарды кесіп өтеді. Қалқанның бас бөлігінің кенжарға ену күші Н.В. Васильевтің және Д.И. Шордың деректері бойынша пышақтық қалқан периметрінің 1 м ұзындығын кесетін меншікті күш бойынша анықталады.

Жыныстар	Құмайттар және таспалы саздар	Цементтелген құм	Саздақтар	Саз
Кесетін меншікті күш, кН/м	60	15	40-60	75-100

3. Тоннел ұстамсыз құмдас жыныстарда жүргізіледі, кенжар қалқанның жылжу бойымен қазылады. Бұл жағдайда W_1 күшін сусымалы ортаның шектік тепе теңдік теориясының қағидаларына байланысты анықтауға болады немесе қалқанның пышақтық қырының әрбір метріне 300-350 кН/м деп жобалап алуға болады.

Суланған жыныстарда тоннелді жүргізгенде, мысалы, өзен арнасының астында қалқанмен жыныстарды сығымдау арқылы қазып алмаған кезде, кесіп ену күшінің мөлшері былай табылады:

$$W_1 = P_1 \cdot F \text{ , Н,} \qquad (1.2)$$

мұнда P_1 – кенжар бетіндегі жыныстардың пышақтық сақинаны қорғайтын диафрагмаға пассивтік қысымы:

$$P_1 = q_B \cdot tg^2(45^0 + \frac{\varphi}{2}) \text{, Н/м}^2, \qquad (1.3)$$

мұнда q_B – судың көтеру әсерін есептегендегі жыныстың меншікті тік жүктемесі, Н/м²;

φ – жыныстың ішкі үйкеліс бұрышы, градус;

F – кенжардың көлденең қимасының ауданы, м².

Егер қазба жұмыстары кенжарлық кессоны бар қалқанмен суланған жыныстарда жүргізілсе, онда қалқанның бас бөлімінің кесіп ену күші

қосымша үлкейтілуі тиіс, оның мөлшері кенжардың ауданының кессондағы ауаның артық қысымымен көбейтіндісіне тең болады.

Қалқан сыртқы бетінің жыныспен үйкеліс күшін жеңетін қысым күші тең болады:

$$W_2 = \lfloor 2 \cdot (P_B + P_\Gamma) \cdot \alpha_щ \cdot Д_щ + G \cdot g \rfloor \cdot m, \text{ Н}, \qquad (1.4)$$

мұнда P_B – қалқанға түсетін меншікті тік жүктеме, Н/м² (Па);

$P_B = \gamma \cdot g \cdot H$; γ – жыныстың тығыздығы, кг/м³;

$g = 9{,}81$ м/с²; Н – жер бетінен қалқан өсіне дейінгі жыныстар қалыңдығы немесе опырылым күмбезінің биіктігі, м.

Егер опырылым күмбезінің мөлшері қалқан үстіндегі жыныстар қабатының қалыңдығынан үлкен болса, онда есептеуге жыныс қалыңдығы қабылданады, ал кері жағдай болғанда опырылым күмбезінің биіктігі $H_{СВ}$.

$$H_{СВ} = \frac{B}{2 \cdot f}, \qquad B = Д_щ + 2 \cdot Д_щ \cdot tg(45^0 - \frac{\varphi}{2}), \text{ м}, \qquad (1.5)$$

мұнда f – проф. М.М. Протодъяконовтың шкаласы бойынша жыныстың бекемдік коэффициенті;

B – опырылым күмбезінің ені, м;

$\alpha_щ$, $Д_щ$, G – қалқанның ұзындығы, м; диаметрі, м; массасы, кг;

m – болаттың жынысқа үйкеліс коэффициенті, 0,2-0,5 тең;

P_Γ – қалқанға түсетін меншікті жазық жүктеме, Па;

$$P_\Gamma = P_B \cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi}{2}), \text{ Па}, \qquad (1.6)$$

Қалқан қабықшасының ішкі бетінің тұрғызылып жатқан бекітпеге үйкелісін жеңетін қысым күші ең алдымен бекітпенің түріне және оны тұрғызу технологиясына тәуелді болады. Құрастырмалы бекітпені кәдімгі тәсілмен тұрғызылған жағдайда.

$$W_3 = G_c \cdot m_1 \cdot g, \quad \text{Н}, \qquad (1.7)$$

мұнда G_c – қалқан қабықшасының ішіндегі тоннелдік қаптама сақинасының массасы, кг;

m_1 – болаттың қаптама материалына үйкелік коэффициентті, шойындар үшін 0,15-0,2, темірбетондар үшін 0,4-0,5 тең.

Құрастырмалы бекітпені қалқан қабықшасымен түйіскенге дейін сығымдап тұрғызғанда немесе радиалды бағытта бетон қоспасын қалқан қабықшасының астында прессталған кезде осы қысым күшінің мөлшері тең болады.

$$W_3' = P_1 \cdot F_1 \cdot m_1, \quad \text{Н}, \qquad (1.8)$$

мұнда $P_г$ – құрастырмалы қаптаманың немесе бетон қоспасының радиалдық бағыттағы қалқан қабықшасына қысым күші, Па;

F_1 – қалқан қабықшасының ішкі бетінің ауданы, м² (тұрғызылып жатқан бекітпенің қалқанның бастапқы жылжуы кезіндегі түйісу ауданы).

Бетон қоспасын қалқан қабықшасының астында ұзын бойлық бағытта прессстеп сығымдаған кезде жоғары да айтылған қысым күші қалқанның

жылжуының алғашқы моментінде ең үлкен мөлшерде болады және қоспаның элементарлық көлемінің тепе-теңдігі бойынша анықталады, бұл кезде ол пресстік сақина жасаған қысымдалған жағдайда болады.

Алып-салмалы секциялық қалыптаманы қолдану үшін кезекті қысым күші.

$$W_3^{11} = P_0 \cdot \pi \cdot R \cdot (R - r) \cdot (1 - e^{-\frac{2\beta \cdot m_1 \cdot l}{R-r}}), \quad \text{Н}, \qquad (1.9)$$

мұнда P_0 – пресстейтін сақина бетімен бетондық қоспаға қалқанның ұзынбойлық бағытында түсетін меншікті қысым күші, Па, $P_0 = \frac{W^0}{S_\delta}$;

$S_б$ – бетондық сақинаның қимасының ауданы, м^2; $S_\delta = \pi \cdot (R^2 - r^2)$;

R – қалқан қабықшасының ішкі радиусы, м;

r – қалыптаманың сыртқы радиусы, тоннелдің радиусы, м;

β – бетон қопасына бүйір қысымның берілу коэффициенті, 0,3-0,5 тең болады;

l – қалқан қабыршағы астындағы бетон қоспасын толтыратын кеңістіктің ұзындығы l =(1,45–1,65) l, м

e – бетондайтын бекітпе сақинасының ені, м.

(1.9) формулаға P_0 табатын теңдеуді қойғаннан соң керекті қысым күші былай табылады.

$$W_3^{11} = \frac{W^0 \cdot R}{R + r} \cdot (1 - e^{\frac{2\beta \cdot m_1 \cdot l}{R-r}}), \quad \text{Н}, \qquad (1.10)$$

Қалқанмен бірге қозғалатын жылжымалы платформа механизмдерінің бекітпеге үйкеліс кедергісінен асып түсетін қысым күшінің мөлшері былай анықталады.

$$W_4 = G_1 \cdot g \cdot m_1 \cdot k, \quad \text{Н}, \qquad (4.11)$$

мұнда G_1 – қалқанмен бірге жылжитын ұңғымалық комплекстің элементтерінің жылжып қозғалуына қарсы болатын жергілікті кедергілерді есептейтін коэффициент, көптеген жағдайларда k=2, m_1=0,5 тең, сондықтан да W_4 күшінің мөлшерін $G_1 \cdot g$ салмақ күшіне тең деп қабылдауға болады.

Қалқанның жылжып қозғалуына кедергі күштің қосынды мөлшерін W оның жылжуын қамтамасыз ететін қалқандық домкраттардың жүккөтергіштігін анықтау үшін пайдалануға болады.

Қалқандық домкраттардың қосындылық қысым күші есептелген толық кедергіден артық болуы тиіс, яғни $P = k_3 \cdot W$, мұнде $к_3$ – еселеу коэффициенті, 1,5-2 тең болады.

Бір домкраттық есептік күші $P_д = \frac{P}{n}$, мұнда n – домкраттардың саны. Гидродомкраттардың қысымдық күші майлы сорап станциясы арқылы жасалады.

Майлы станция май ағынынан, сораптардан, әртүрлі типтегі бөлгіштерден және бақылау-реттеу аппаратурасынан тұрады. Қарастырылған

ұңғымалық комплекстердің гидросхемаларында радиалдыпоршендік, шестериялық және қалақ-күректі сораптар ең үлкен қолданыс тапқан (1.1-кесте).

Әр гидродомкрат негізігде өзінің сорабынан қоректенеді, бірақта басқа да схемалар бар, оларда домкрат екі сораптан қоректенеді немесе екі домкрат екі сораптан. Жасап шығаратын заводына байланысты гидродомкраттар цилиндрлерінің ішкі диаметрлері 150, 200 және 250 мм болып келеді.

1.1-кесте. Гидрократтар насостарының сипатамалары

Аттары	Маркалары	Май беру өнімділігі, л/мин	Қысымы, мПа	Қуаты кВт
Радиалды-поршендік	Н-400	5	20	2,8
	Н-401	18	32	11,5
	Н-403	35	32	23,5
Шестериялық	НРР-125	50	20	85,0
	НШ-10	14,5	10	4,35
	НШ-32	46,5	10	14,0
	НШ-46	66,5	10	20,0
Қалақ-күректі	Г-12-22	18	6,3	2,8
	Г-12-23	50	6,3	7,5
	Г-12-24А	70	6,3	11,2

«Қалқанды алға жылжытатын күштерді анықтау» атты 3-практикалық жұмыстың ЕСЕПТІК БӨЛІМІ

Мысал. Диаметрі 4,0 м қалқанның жылжып жүруіне керекті қысым күшін анықтаңыз. Тоннел құмдас жыныстарда 8 м тереңдікте ішкі диаметрі 3,5 монолитті-пресстелген бекітпемен жүргізіледі. Құмды жыныс табиғи ылғалды, ішкі үйкеліс бұрышы φ-28^0, тығыздығы γ=0,5; f=0,5. Қалқанның ұзындығы $l_{щ}$=5,4 м, қабықшасының қалыңдығы δ=5 см, массасы 90 т, қалқанмен бірге жылжитын платформаның механизмдерімен массасы 30 т. Алып-салмалы қалыптаманың бір секциясының ені l=0,5 м.

Шешімі. 1 Қалқан басының жынысқа ену күшін оның пышақтық қырының әрбір метріне 300 кН/м деп есептен алғанда.

$$W_1 = 300 \cdot 4 \cdot 3{,}14 = 3780 \ \ кН .$$

2. Профессор М.М. Протодъяконовтың теориясы бойынша таужынысының опырылым күмбезінің биіктігін анықтаймыз.

$$H_{св} = \frac{B}{2 \cdot f} = \frac{Д_{щ} + 2Дщ \cdot tg(45^0 - \frac{\varphi}{2})}{2 \cdot f} = \frac{4 + 2 \cdot 4 \cdot tg31^0}{2 \cdot 0.5} = 8{,}8 \text{ м} .$$

Тоннелдің салыну тереңдігі (8 м) опырылым күмбезінің биіктігінен кем екенін есептей отырып тоннель тереңдігін бұдан кейінгі есептерге қабылдаймыз.

Қалқанға түсетін меншікті тік жүктеме:

$$P_B = \nu \cdot g \cdot H = 1{,}7 \cdot 10 \cdot 8 = 136 kH / м^2 (кПа).$$

Қалқанға түсетін меншікті жазық жүктеме:

$$P_r = P_\beta \cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi}{2}) = 136 \cdot tg^2(45^0 - \frac{28}{2}) = 136 \cdot 0{,}36 = 49 \ \ кН / м.$$

Қалқан сыртқы бетінің жыныспен үйкеліс күшін жеңетін кезекті қысым күші.

$$W_2 = \left[2(P_B + P_Г) \cdot L_{щ} \cdot Д_{щ} + G \cdot g\right] \cdot \underline{m} = \left[2(136 + 49) \cdot 5{,}4 \cdot 4 + 90 \cdot 10\right] \cdot 0{,}5 = 4446 \ кН.$$

3. Алып-салмалы секциялық қалыптаманы қолданған жағдайда W_3 күшін (4.13) формула бойынша анықтаймыз. Бұл күшті анықтау үшін алдымен P_0 қысым күшін білуіміз керек, ол қалқанды жылжытуға керекті жалпы күште (W) тәуелді, W күші W_3 күшін де қамтитын болғандықтан кезекпен жақындатып есептеу әдісін қолданамыз. W_3 күші басқа керекті күштердің қосындысының жобамен 50% құрастыратынын біле отыра, қабылдаймыз.

$$W^0 = 2(W_1 + W_2 + W_4),$$

W_4 – күшін қалқанмен бірге жылжитын платформаның массасына тең деп қабылдаймыз.

$W_4 = 30 \cdot 10 = 300$ кН.

Онда,

$W^0 = 2\ (3780+4446+300) = 17052$ кН.

(4.13) формулаға кіретін тұрақты мөлшерлерді қабылдай отырып:

$$R = (2{,}0 - 0{,}05) = 1{,}95 \text{ м}; \ , \qquad \text{r} = \frac{3{,}5}{2} = 1{,}75 \ м,$$

$$\beta = 0{,}4; \ \text{m}_1 = 0{,}5, \ \ \text{l} = 1{,}5 \cdot l = 1{,}5 \cdot 0{,}5 = 0{,}75 \text{ м}.$$

$$W_3 = \frac{1705 \cdot 19.5}{1.95 + 1.75} \cdot \left(1 - \alpha^{-\frac{2 \cdot 0.4 \cdot 0.5 \cdot 0.75}{1.95 - 1.75}}\right) = 7010 \ \ кН.$$

Қалқанның жылжуына кедергі болатын күштердің қосындысы W тәжірибелік мақсатта мынаған тең болады:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 3780+4446+7010+300 = 15536 \text{ кН}.$$

Қалқандық домакраттардың қосынды қысым күші толық есептік кедергі күштерден еселеуіш коэффициенттің $К_3$ мөлшеріне артық болуы тиіс:

$$P = K_3 \cdot W = 1{,}5 \cdot 15536 = 23304 \text{ кН}.$$

Практикалық жұмыстардың тапсырмасы

Берілген деректер бойынша тоннель құрылысындағы қалқандық комплекстің жылжуына керекті домкраттардың толық есептік қысым күштерін есептеп анықтаңыз. Бастапқы деректер 1.2-кестеде және әрбір студентке арналған нұсқалар (варианттар) нөмерлері 1.3-кестеде келтірілді.

1.2-кесте. Бастапқы деректер

№ к/к	Көрсеткіштер	Варианттар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Қалқан диаметрі, Д, мм	2100	2600	2600	5600	2024	3200	5624	5070	5200	5624
2	Қалқанның ұзындығы, $\alpha_{щ}$, мм	3060	3120	3120	5720	2700	4000	5517	7000	5660	4510
3	Қалқандық комплекстің типі	роторлық	роторлық	алаңша	планетар	теңселгіш	таңдамалы	алаңша	экскават	таңдамалы	ротор
4	Қалқанның маркасы	КЩ-2,1Б	КЩ-2,6	ПЩМ-2,6	105 Т	СКБ	ПЩМ-3,2	ЩМ-17	ТМ-507	ПЩМ-5,2	ТЩБ-3
5	Жыныс түрлері	қатқан саз	тығыз саз	құмдақ саз	саздақ	мергель	әктас	құм	мастатас	саздақ	саздақ
6	Бекемдік коэффициенті, f	1,5	1,0	0,2	3,0	2,0	4,0	0,5	1,2	3,0	5,0
7	Жыныстардың тығыздығы, γ, г/м^3	1,95	2,10	1,90	2,05	2,15	2,5	1,75	2,25	2,05	2,45
8	Жыныстардың ішкі үйкеліс бұрышы, φ, градус	20	23	22	20	34	27	32	38	22	30
9	Қалқан үстіндегі жыныс қалыңдығы, н,м	8	10	15	40	12	20	55	50	45	60
10	Қаптаманың түрі	тюбинг	тюбинг	тюбинг	тюбинг	тюбинг	тюбинг	тюбинг	тюбинг	тюбинг	тюбинг
11	Бекітпе сақинасының ені, мм	750	750	750	1000	350	750	1000	1200	1000	600
12	Қаптама элементтерінің саны	4	5	5	8	4	6	8	7	8	-
13	Қаптама элементінің массасы, кг	245	275	275	1090	235	515	1150	1050	1090	-
14	Қалқанның массасы, т	16,8	21,7	18,0	230	5,8	44	150	61,3	125	300
15	Платфдимадағы жабдықтардың массасы, G_1, т	2,0	2,5	2,6	18,0	2,2	3,5	22,0	27,0	20,0	-

3-ші практикалық жұмыс варианттарын әрбір білім алушыға оқытушы өзі ұсынады.

Практикалық жұмыс тақырыбы бойынша бақылау сұрақтары:

1. Салынатын қазбалардың көлденең қимасының ауданы бойынша қалқандарды (диаметрлеріне байланысты) қалай жіктейді?
2. Қазбалық қалқандардың механикаландыру дәрежесі бойынша қалай жіктейді?
3. Механикаландырылмаған ұңғымалық қалқандық комплекстер (кешендер) қандай шарттарда және қандай қазбаларды салуға қолданылады?
3. Жартылай механикаландырған қалқандардың негізгі ерекшелігін түсіндіріңіз?
4. Қалқандардың құрылымдық шешімдеріне қарай олар қандай бөлшектерден тұрады?
5. Механикаландырылмаған қалқандардың жұмыс істеу принциптері, олардың жартылай механикаландырған қалқандардан айырмашылығы неде?

Ұсынылатын әдебиет (силлабус бойынша):
Негізгі: [1, 2, 3]; Қосымша: [4, 6].

Пән оқытушысы,
техн.ғыл.канд., профессор **Т.М.Алменов**