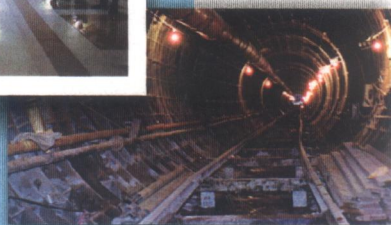




М.І. Жәркенов

МЕТРОПОЛИТЕН НЫСАНДАРЫ ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

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

М.І. Жәркенов

**МЕТРОПОЛИТЕН НЫСАНДАРЫ
ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2011

ЖОК 624.1 (075.8)
ББК 39.81а73

Құрастырушы: Жаркенов М.І. Метрополитен нысандары құрылысының технологиясы. Жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы. –Алматы: 2011, 167 б. Сурет – 27. Кесте – 37. Әдебиеттер тізімі – 20 атау.

ISBN 978-601-228-274-0

Оқу құралында, метрополитеннің негізгі нысандары – өтпелі тоннельдер, оқпандар, станциялар және эскалаторлық тоннельдер құрылысының технологиясы толық қарастырылған. Метрополитен ғимараттарының габариттері, құрылыс кезіндегі инженерлік-геологиялық ізденулер мен зерттеулер, бекітпелер және қаптамалардың конструкциялары, тоннельдерді қалқандық тәсілмен салу, ұңғымалық қалқандық кешендердің параметрлерін есептеу әдістемелері мысалдар мен тәжірибелік жұмыстар арқылы жан-жақты қарастырылған. Оқу материалдары әр тарауда жүйеленіп, дәйекті түрде берілген. Мұнда метрополитен ғимараттары конструкцияларының түрлері сипатталып, оларға тау қысымынан түсетін жүктемелер мен бекітпелерді есептеу әдістемелері толық талданған.

Оқу құралы техникалық жоғары оқу орындарының «Тау-кен ісі» мамандығының Мемлекеттік стандартына, оқу бағдарламаларына сай жазылған. Оқу құралы тау-кен істері, геология және жерасты көліктері мамандарына арналған.

ББК 39.81а73

Пікір жазғандар: *Б. Р. Ракишев* – ҚР ҰҒА академигі, техн. ғыл. докт., профессор;

Ә.Д. Бектыбаев – техн. ғыл. докт., профессор;

Н. Жалғасұлы – техн. ғыл. докт., профессор;

Т.Е. Хакимжанов – техн. ғыл. докт., профессор.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2011 жылғы жоспарына сай басылды

ISBN 978-601-228-274-0

© Жаркенов І.

© ҚазҰТУ, 2011

КІРІСПЕ

Үлкен қалалардағы жолаушы көлігін ұйымдастыруға байланысты міндеттерді шешу өте қиын, әрі күрделі іс. Сондықтан оларды қатаң ғылыми негізде ғана іске асыруға болады. Жолаушыларды тасымалдау сұрақтарын дұрыс шешу үшін, оның ішінде метрополитен құрылысымен байланыстысын, қалалардың барлық ерекшеліктерін, қала шаруашылығының түрлі салалары мен олардың қазіргі кездегі жағдайын, келешектегі даму бағыттарын терең зерттеу керек.

Үлкен қалалардың көлікпен тасымалдау және соның ішінде, метрополитендерді жобалау сұрақтарын дұрыс шешудің ең басты ерекшеліктеріне мыналарды жатқызуға болады: жер бетінің топографиясын және қаланың жекелеген аудандарындағы бар және жобаланған құрылыс нысандарын; қала халқының орналасу тығыздығын; қала көліктеріндегі жолаушы ағынын және жолаушы айналымын статистикалық зерттеулер негізінде анықталған сипаты мен мөлшері, тұрғын үй массивтерінің, мәдени-қоғамдық, сауда және өнеркәсіп кәсіпорындарының қазіргі кездегі қаланың бас жоспары бойынша дамып орналасуын.

Осы келтірілген барлық материалдарды тиянақтап талдай білу, қала метрополитені желілерінің келешек схемаларын жобалаудың негізі болады және оларды орындау кезектерін анықтайды. Метрополитеннің жекелеген желілері мен құрылыс кезеңдерін нақты жобалау, бекітілген бас келешек схема негізінде жүргізіледі.

Метрополитен желілерін жобалаған кезде, қала жоспарындағы станцияларды орналастыру, олардың ең тиімді ара қашықтықтарын таңдау өте маңызды. Станциялар, жолаушылардың ең көп топтасып жиналатын жерлеріне орналастырылады. Станциялардың бір-бірінен ара қашықтығын, қатынастың жоғары жылдамдығы мен метрополитен станцияларына келу ыңғайлылығын қамтамасыз ету шарттары

арқылы таңдайды. Жолаушыларға қолайлылығы жағынан карағанда, метрополитен желілері бойынша адамдардың станцияға келіп-жету уақытының ұзақтығы 10–12 мин аспауы тиіс.

Бұрынғы ССРО мен алыс шетелдерде метрополитен құрылысы жерасты ғимараттарын тұрғызу техникасының, технологиясының күрт дамуына себепкер болды. Әрбір жаңа салынған метрополитен желісімен, тоннель жұмыстарының техникалық жарақтануы жылдам өсіп және негізгі жұмыстардың технологиясы барлық жағынан жаңарып өзгерді.

Кең көлемде тоннельдерді қалқандық әдіспен жүргізу және еңбек сыйымдылығы, көп үрдістерді механикаландыру қолға алынды. Қазіргі кезде жерасты конструкцияларының жаңа, тиімді түрлері дамып, тоннельдер құрылысында кеңінен қолданылуда.

1. МЕТРОПОЛИТЕН НЫСАНДАРЫНЫҢ ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ГАБАРИТТЕРІ

1.1. Жалпы мағлұматтар

Қала халқының көбеюіне байланысты үлкен қалаларда жер бетіндегі жолаушы легінің тығыздығы арта түседі. Сондықтан, көшеден тыс жолаушыларды жаппай жылдам таситын көліктердің қажеттілігі пайда болды. Мұндай мәселенің ең дұрыс шешіміне – метрополитен құрылысы жатады.

Метрополитен – қалалық көшеден тыс теміржол көлігіне жатады. Көпшілік қалаларда метрополитендердің желілері жерастында орналасқан. Қазіргі уақытта, 30 елдің ең үлкен қалаларында желілерінің жалпы ұзындығы 3530 км болатын 71 метрополитен жұмыс істейді. Жақын жылдарда осыған қосымша 13 қалада метролар іске қосылады деп жоспарлануда.

Бірінші метрополитен 1863 жылы Лондонда іске қосылды. Ал КСРО-да 1935 жылдың 15 маусымында Мәскеу метрополитені пайдалануға берілді.

Егер жолаушы қаланың сырт жерінен орталыққа 30 минут ішінде жететін болса, қаладағы жолаушы көлігі қанағаттанарлық жұмыс істейді деп санауға болады. Осы шарттарды есептей келе, тұрғындары 1 млн адамнан асатын қалаларда метрополитенді пайдаланғану тиімді деп саналады. Осындай қалалардың қатарына еліміздің ең үлкен мәдени, қаржы және экономикалық орталығы болып саналатын Алматы қаласы да жатады. Алматы метрополитенінің бірінші кезегінің жобасын, «Алматыгипротранс», «Гидроспецстрой», Алматы институттарының қатысуымен, «Метрогипротранс» институты 1981 жылы дайындап бекіткен. Қазіргі уақытта бірінші көлік желісінің құрылысы жүргізілуде, оның құрылыстық ұзындығы – 8,3 км, эксплуатациялығы – 7,67 км, станциялардың саны – 8. Олардың бір-бірінен орташа ара қашықтығы – 1229 м, ең үлкені – 1692 м, ең азы – 854 м.

Метрополитен желілерін әдетте, жер бетінен төменде орналастырады. Тоннельдердің жерастында орналасуының екі түрі бар: тайыз және терең. Метрополитен тоннельдерінің орналасу тереңдігін қала жоспарына және құрылыс ғимараттарының, жерасты коммуникациясының орналасу жағдайларына байланысты дайындайды. Сонымен қатар, құрылыстың топографиялық, геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлары да есептеледі. Метрополитеннің тайыз жерлердегі салынатын желілері 5–6 м тереңдікте орналастырылады. Таяз орналасқан метро нысандары жолаушыларға ең ыңғайлысы, оның эксплуатациялық және экономикалық көрсеткіштері өте жақсы. Таяз жүргізілетін нысандар, қаланың жаңадан құрылыс жүргізіліп жатқан аудандарында ең тиімді болады, мұнда тоннельдердің желілері кең көше магистралдарының астына орналасады.

Тереңдікте орналастырылған метрополитен желілерінің жоларналарын қаладағы құрылыс ғимараттарының орналасуын есептемей-ақ, станциялар арасындағы ең қысқа бағыттарымен жобалауға болады. Тоннельдердің орналасу тереңдігін орнықты болғанынша, су өткізбейтін негізгі жыныстарда орналастыру шарттары бойынша анықтайды. Тоннель төбесіндегі осындай жыныстардың қалыңдығы 4–5 м-ден кем болмауы тиіс. Сонымен, терең салынатын тоннельдерді жер бетінен 30–50 м төмен орналастырады.

Тоннельдер жоларнасының айналма иіндерінің жоспардағы радиустары, метрополитен желілерінің эксплуатациялық жағдайларымен шектеледі. Метрополитеннің басты жолдарындағы ең аз радиусын 500 м-ге тең деп қабылдайды, ол поездардың айналу иіндерінде біркелкі жүруін қамтамасыз етеді.

Метрополитен желілерінің профилін жоларнадағы геологиялық және гидрогеологиялық жағдайларға байланысты анықтайды. Жолдың өтпелі бөлімшелерінің ұзынабойғы еңкеюі – 3% тең деп қабылдайды, оның ең үлкен еңкеюі – 4%.

Жерасты станцияларын әдетте, жолдың еңкеюі 3 %-тен көп емес бөлімдерінде орналастырады немесе көбінесе жазық

алаңшаларда – ұзындығы отыратын платформаның ұзындығынан кем емес жоларнаның «өркешіне», ал сирек жағдайларда, станциялар жоларнаның «шұңқырында» орналасқанда, отыру платформасының ұзындығы 20 м үлкейтіледі.

Метро станцияларын «өркеште» орналастыру, орынды деп саналады. Себебі, поездар станцияға жақындаған кезде көтеріліп, оның жылдамдығын басады. Ал станциядан жүрген кезде (оңға қарай) жылдамдықты тез жинайды [1, 2].

1.2. Метрополитен тоннельдерінің габариттері

Метрополитендердің тоннельдік ғимараттарының ішкі өлшемдері СНиП-2.05-04-92 [3] бойынша бекітілген габариттерімен аныкталады. Бұл габариттер метрополитен желілерінде рельс басынан биіктігі 3,7 м, ені 2,7 м және ұзындығы 19,2 м болатын вагондардың жүруін қарастырады. Поездар жолмен жүрген кезде бүтін вагонның ешбір бөлігі жылжитын составтың габариті келбетінің сыртына шығып тұрмауы тиіс.

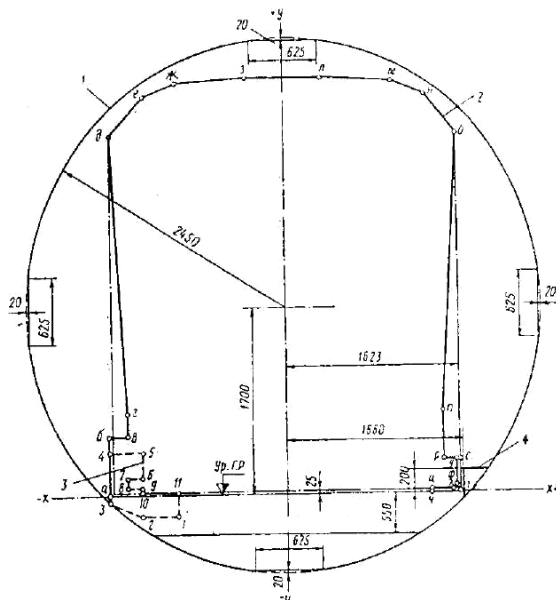
Метрополитен поездары қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету шарттарының өте жоғары талаптарын есептей келе, жер бетіндегі теміржол көліктерінен басқа қосымша *жылжитын составтың шектік габариті* деген түсінік енгізілген. Ол поезд жүріп келе жатқан кездегі вагон рессорларының сынып қалу мүмкіндігін қарастырады.

Шектік көлденең қиманың келбеті деп – оның сыртына әр түрлі белгілердің, бағдаршамның, кабельдер мен жол белгілерінің көрінбей тұрған кезіндегі *жабдықтардың жақындау габаритін* айтады. Бұл габарит вагондардың жүрген кездегі шайқалуын, қозғалатын бөлшектердің тозу шектерін, бір жағындағы комплектісінің сынуын, сонымен қатар рельстік жолдың тозуы мен шекті ығысуын есептейді.

Құрылымдардың жақындау габариті деп – көлденең қимасы келбетінің шегіне жеткені айтылады, оның ішкі жағына құрылымдар мен ғимараттардың ешқандай бөлшектері кіріп тұрмауы керек.

Құрылымдардың жақындау габариті – оның және жабдықтардың жақындау габариті арасындағы кеңістікте жолдың, санитарлық техникалық, электрмен қамтамасыз ету, СЦБ және байланыс, поездарды автоматты тежемелеу, жүргізу құралдарының орналасуын қарастырады. Сонымен қатар, контакталық рельске қарсы жақтан тоннельде жұмыс істейтін адамдардың жүріп-тұруына керекті жоларалықты орналастыруды есептейді.

1.1, 1.2-суреттерде дөңгелек келбетті тоннельдер мен жолдың тура жерлеріндегі станциялардың келбеттері келтірілген.



1.1-сурет. Дөңгелек келбетті тоннелдердің өтпелі жолдарының тура бөлімдерінің габариттері

1–құрылымдардың жақындау габариті; 2–жабдықтардың жақындау габариті; 3–контакттік рельстің габариты; 4–жұмысшылар жүретін жол; 5– платформа

2. ТАУЖЫНЫСТАРЫ МАССИВІНДЕГІ ИНЖЕНЕРЛІК-ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ІЗДЕНУЛЕР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУЛЕР

2.1. Жалпы мағлұматтар

Жерасты ғимараттарының трассасын, орналасу жерлерін, конструкцияларын таңдауда, оны тұрғызу әдістері мен жұмыстардың жалпы уақытын және бағасын анықтауда, инженерлік-геологиялық ізденулер шешуші орын алады [2].

Жерасты ғимараттары құрылысы ауданының геологиялық құрылымы мен жағдайларын зерттеген кезде мынадай инженерлік-геологиялық факторларды анықтау керек:

а) петрографиялық (минералогиялық және химиялық) құрамы, метологиялық (құрылымы, генезисі) және текстуралық (бөлшектердің орналасуы және бөлінуі) ерекшеліктер, таужыныстарының негізгі түрлерінің жатыстарының созылымы, қалыңдығы, т.б. жағдайларда олардың сақталу және үгілу дәрежелері;

ә) тектоникалық құрылымдардың, ұсақталу зоналарының қатпарлануы мен жарықшақтануы, сипаты және бағыты (осылардың көлемінде жыныстар әр түрлі бағыттағы көптеген жарықшақтарға бөлінгендігі), карстық қуыстардың, бекітпе мен қаптамаларға тау қысымының және жыныстардың ісінуінің болуы;

б) гидрогеологиялық жағдайлар – сулы горизонттардың барлығы және жерасты суларының жиналуы (мензалар), олардың таралуы, жыныстардың су молдылығы, су өткізгіштігі (фильтрация коэффициенттері), трасса бойынша жерасты сулары қысымының таралуы, химиялық құрамы және агрессивтігі, жерасты ғимараттарының құрылысы мен эксплуатациясы кезіндегі жерасты суларының жер үсті суларымен байланысу мүмкіндіктері және олардың салдары;

в) таужыныстарының газдылығы (газдар мен жыныстардың шығу немесе лактырылу мүмкіндіктері);

г) геотермиялық жағдайлар, көпжылдық тоңазыған жыныстардың жағдайын бағалау;

ғ) массивтегі таужыныстарының жарықшақтығын, ылғалдылығын, үгітілуін есептегендегі физика-механикалық қасиеттері (мықтылық, деформациялық қасиеттері, сырғу параметрлері, т.б.);

д) құрылыс жүргізілетін аудандағы таужыныстарының кернеулі-деформацияланған жағдайы (құрылыс ауданындағы жер сілкіндісі мен жаңа тектоникалық жағдайлардың әсерлерін есептеу).

Осы сұрақтарды толығынан білу – жерасты ғимараттарының трассасын анықтап алуға, таужыныстарының көтеру қабілеттілігін дұрыс бағалауға, ғимараттарға түсетін жүктемелерді анықтауға және осыған байланысты, жобалау мен құрылыс кездеріндегі оптимальдық, конструктивтік, өндірістік шешімдерді қабылдауға мүмкіндік береді.

Жерасты ғимараттарын жобалау жұмыстарын бастағанға дейін жобаның бас инженері, ізденушілерге тапсырма береді. Онда жобалау стадиясына байланысты іздену жұмыстарының құрамы мен көлемі, ғимараттың классы, оның қызметі, жұмыс жағдайы, құрылыс ауданының геологиялық тұрғыда зерттелген мөлшерлері белгіленіп көрсетіледі.

Техникалық жоба стадиясында ізденулер екі бағытта жүргізіледі: инженерлік-геологиялық түсірме (съёмка) және барлау жұмыстары.

Жерасты ғимараттарының классына, инженерлік-геологиялық жағдайлардың күрделілігіне байланысты түсірмені 1:25000 немесе 1:5000 масштабтарда орындайды.

Түсірме шегінің ені, тоннель жүргізілетін тереңдіктен үш есе артық болуы тиіс және ол жоба қарастырылып отырған трассаның варианттарын толық қамтуы керек. Барлау жұмыстарын, ұңғылар және тау қазбаларының көмегімен, ал массивті зерттеуге геофизикалық әдістердің көмегімен жүргізеді.

Тау-барлау қазбаларын (шурфтар, шахталар, штольнялар) көбінесе тоннельдердің портал тұсынан, жерасты камералары, станциялары жүргізілетін жерлерден салады. Тереңде салынатын тоннельдердің трассасын немесе басқа да тереңдегі

жерасты ғимараттарын барлау үшін, жер бетінен бұрғылау ұңғыларын салады. Мұндай ұңғыларды шахталардың осьтері, камералар мен тоннель трассаларының бойы бойынша бұрғылайды. Әлбетте, олар ғимараттар табанының белгісіне дейін жетеді. Жыныстар массивінің геологиялық құрылымының күрделілігіне байланысты ұңғылардың бір-бірінен ара қашықтығы, олардың тереңдігінің 1/5 болады. Тоннель тайыз салынып, байырғы жыныстар нашар ашылған кездерде барлау ұңғымаларын жиілетіп салады.

Кейде ғимараттардың трассаның құрылысы барысында, оздырма барлау ұңғыларын (30–50 м-ге дейін) бұрғылауды жүргізеді. Мұндай ұңғымалар, карстық қуыстарды, жерасты суларының жиналған жерлерін, бұзылған зоналарды табу үшін керек. Ұзындығы 300 м-ден артық оздырма ұңғыларын трасса бойынша бұрғылауға мүмкіндік беретін бұрғы қондырғылары бар. Бұрғылау және қазбалар арқылы жүргізілетін барлау жұмыстарымен қатар, барлау мен зерттеудің геофизикалық әдістерін де қолдануға болады (электробарлау, сейсмоакустикалық зерттеулер, т.б.).

Бұл әдістер қатты тау массивтерінің құрылымын, тектоникалық үзіліс зоналарының шекарасын, жоғары жарықшақтық зоналарды, көпжылдық тоңдардың шекарасын анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, таужыныстарының әр түрлі қасиеттерін анықтауға пайдаланады.

Электробарлау – электромагниттік өрістерді зерттеуге негізделген. Электробарлауда пайдаланылатын негізгі геоэлектрлік параметрі, таужыныстарының меншікті электрлік кедергісі болып саналады. Тығыз қатты жыныстар мен құрғақ борпылдақ жыныстар, ең үлкен кедергілерімен ерекшеленеді. Электробарлауда қолданылатын кедергілер әдісіне – электрозондтау және электропрофильдеу жатады. Электрлік зондтау әдісі ең алдымен, әр түрлі меншікті кедергілері бар жыныс қабаттарының жатыс тереңдігі кем жерасты суларының горизонттарын анықтауға қолданылады.

Электрлік профильдеу әдісі – әр түрлі меншікті электрлік кедергілері бар жыныстардың бір-бірімен түйіскен жерлерін

анықтауға және таралуын қадағалауға қолданылады (жоғары жарықшақтық зоналар, карсты қуыстар, т.б. анықтауға).

Сейсмоакустикалық зерттеулер – жасанды түрде таужыныстарында жасалған серпінді тербелістердің ерекшеліктерін анықтауға негізделген. Сейсмикалық толқындар әр түрлі жыныстарда түрлі жылдамдықпен таралады. Массивті кристалдық жыныстарда ең жоғары жылдамдықтар (6 км/с дейін), ең аздары (0,3 км/с) құмды-сазды жыныстарда байқалады.

Серпінді толқындардың жиілік диапазонының қолдану мөлшеріне байланысты мынадай әдістер қолданылады: сейсмикалық – $30 \square 200$ Гц, акустикалық – $1000 \square 10000$ Гц, ультрадыбыстық – $20000 \square 70000$ Гц.

Іздену жұмыстары мен зерттеулер нәтижесінде инженерлік-геологиялық құжаттамалар құрастырылады. Олар жерасты ғимараттағы құрылысы жобасын дайындаудың жеке, бастапқы бөлімі болып саналады. Бұл жобаға – инженерлік-геологиялық, гидрогеологиялық карталар, жарықшақтық картасы, арнайы профильдер (сейсмикалық, геотермиялық), таужыныстарының қасиеттері, лабораториялық зерттеулердің, табиғи бақылаудың нәтижелері кіреді.

Жобаның осы бөлімінің негізгі графикалық қосымшасына – тоннельдің немесе басқа жерасты ғимаратының трассасы бойынша жасалған инженерлік-геологиялық қима жатады. Онда жер бетінің абсолюттік белгілері, пикеттері, жыныстардың барлық қабаттарының, түрлерінің трасса бойындағы мықтылық, ығысулық және деформациялық қасиеттері, су жұту, филльтрациялық, газдық, су молдылық, т.б. нақты сипаттамалары келтіріледі.

Жұмыс жобасы мен сызбаларды жасау стадиясында құрылыс жүріп жатқанда, орындалушы құжаттар жүргізіледі. Оларда – төбедегі, қазба қабырғаларындағы жарықшақтары көрсетілген суреттер салынып, су шығатын жерлер, оның температурасы, ағыны, жыныстардың бекемдік және серпінділік коэффициенттері көрсетіледі.

Инженерлік-геологиялық іздену жұмыстары біткеннен кейін, барлық алынған материалдар бойынша арнайы инженерлік-геологиялық есеп дайындалады.

2.2. Алматы метрополитені желілерінің инженерлік-геологиялық зерттеулері

Алматы метрополитенінің бірінші кезегі, құрылысы ауданындағы инженерлік-геологиялық ізденулер. Бұл жұмысты Метрогипротранс институтының техникалық тапсырмасымен «Алматыгипротранс», КазГИИЗ институттары және «Гидроспецстрой» басқармасының қазақстандық бөлімшесі орындады [2].

Метрополитеннің бірінші желісінің трассасы бойымен тереңдігі 85 м-ге дейін 10 барлау ұңғылары бұрғыланып, тереңдігі 20 м-ге дейін, 12 барлау шурфтары жүргізілді. Үш шурфтың түрлі деңгейлеріне жыныстардың орнықтылығын зерттеу үшін, қысқа жазық штольнялар жүргізілді. Сонымен қатар, жыныстардың артық сулануының, олардың орнықтылығына әсері зерттеледі. Трассаның бір бөлімшесінде жыныстар массивін тәжірибе түрінде цементтеу орындалады.

Жыныстардың фильтрациялық қасиеттерін анықтау үшін екі кусталық су сору және шурфтарға бірнеше тәжірибелік су толтырулар жүргізіледі.

Жыныстарды классификациялауға және нормативтік геотехникалық сипаттау үшін, арнайы зертханалық зерттеулер жүргізілді. Метрополитен құрылысының инженерлік-геологиялық жағдайларын бағалау үшін геологиялық қорлардың және көп жылғы жерасты суларының режимін бақылау материалдары да пайдаланылды.

Керекті қосымша мәлімет ретінде, Алматы метрополитенінің «Тұлпар» станциясы ауданында қазылып жүргізілген 6 шурфтың инженерлік-геологиялық жағдайларын қарастырамыз. Бұл шурфтар 75х50 м сеткасымен жүргізілді. Ол аймақта көптеген құрылыс ғимараттары, коммуникациялар тығыз орналасқан. Сондықтан, құрылыс алаңы жер бетінен

калыңдығы 2,9 м-ге дейін, негізінен үйме топырақтардан тұрады. Олардың құрамы – саздақтар, қиыршық-тастар, малтатастар және құрылыс қалдықтары.

Саздақтар меншікті салмағы $\gamma=15,6$ кН/м³, ішкі үйкеліс бұрышы $\varphi=20^\circ$, меншікті ұстасуы $\sigma=50$ кПа, деформация модулі – табиғи ылғалдылықта 12 МПа және су қаныққан кезде 6 МПа мен сипатталады. Саздақта тұздар кездеспейді, сондықтан ол бетонға коррозиялық агрессивтік әсер етпейді.

Осы жер бетіне жақын топырақ қыртыстарының астында өте қалың төрттік периодтың аллювиальдық-пролювиальдық шөгінділері жатады. Олар малтатасты, қойтасты құмды-саздақты толтырмасы бар жыныстар. Құрамындағы қойтастардың өлшемдері 200 мм-ден артық және оның жалпы көлемінің 35–45% құрайды. Петрографиялық жағынан малтатасты жыныстар сұр граниттер мен гранодиориттердің сынықтарынан тұрады. Малтатастар мен қойтастар жақсы жұмырланған дөңгелек пішінді, негізінен өте берік, мықты болып келеді. Малтатасты жыныстар көбіне құрамы жағынан біркелкі. Ал тереңдеген кезде тек қойтастардың ірілігі және проценттік көлемімен айырылады. Қойтастардың орташа өлшемі 500 мм, ал ең үлкен өлшемі – 1200 мм.

Көлденең кимасы 4,0 м², тереңдігі 20 м дейінгі шурфтар тұтас тәжді бетонмен бекітіледі. Ол жүргізілген кезде малтатасты жыныстар орнықты жағдайда болады, забойдың бекітпесіз озуын 4 м-ге дейін жібереді. Бұл кезде шурф қабырғасының қопсып құлауы немесе опырылуы байқалмады. Бірақ, малтатасты жыныс су қаныққан жағдайда орнықтылығын күрт төмендетіп, жылжымалы ағын қалпына келеді.

Ірі кесекті осы жыныстардың тығыздығы (орташа) 2,28 т/м³, табиғи ылғалдылығы 3,9%, ішкі үйкеліс бұрышы 37° , есепті меншікті ұстасуы 33 кПа, ал деформация модулі 78 МПа, есепті кедергісі 600 кПа. Сонымен қатар, жыныс тығыздығының үлкен аралықта өзгеруін бақылауға болады 2,05–2,36 т/м³, қопсу коэффициенті бұл кезде 1,24–1,45 аралығында өзгереді; Пуассон коэффициенті 0,27, М.М.Протодьяконовтың шкаласы бойынша бекемдік коэффициенті – 1,2–1,7. Малтатасты жыныс, келтірілген

зерттеулер нәтижелеріне қарағанда біркелкі орнықты, забойдың бекітпеден 2–3 м озуына мүмкіндік береді.

Су қаныққан жағдайда, осы жыныстардың орнықтылығы күрт төмендейді: қазба күмбезі мен қабырғаларының кенеттен опырылып құлауы мүмкін. Осыған байланысты жерасты ғимараттарын тұрғызып, оны салған кезде қазба толық қимасы бойынша бекітпеленуі тиіс. Малтатасты жыныстардың жерасты, техникалық, тасқын сулармен қанығуын үзілді-кесілді болғызбау керек.

Бақылау сұрақтары

1. Мәскеудегі метрополитен қай жылы салына бастады?
2. Алматы метрополитенінің бірінші көлік желісінің ұзындығы қандай, станцияларының саны қанша?
3. Метрополитеннің тайыз салынатын желілері қандай тереңдікте орналасады?
4. Терең салынатын метрополитен тоннельдерін жер бетінен қандай тереңдікте орналастырады?
5. Метрополитен поездарының жылжитын составының шектік габариті дегеніміз не?
6. Метрополитен құрылысы қажет пе, оның артықшылықтары?
7. Жерасты ғимараттары құрылысы ауданының геологиялық құрылымы мен жағдайларын зерттеген кезде қандай инженерлік-геологиялық факторларды анықтау керек?
8. Инженерлік-геологиялық ізденістер мен зерттеулерден кейін қандай құжаттар жасалады, оларда не қарастырылады?
9. Алматы метрополитенінің бірінші кезегінің құрылыс алаңындағы инженерлік-геологиялық іздену жұмыстарының көлемі қандай болды, жыныстардың түрлері және қасиеттері?
10. Құрылыстың техникалық жобаның бастапқы ізденулері қандай бағыттарда жүргізіледі, түсірме (съёмка) және барлау жұмыстары дегеніміз не?

11. Барлау мен зерттеудің геофизикалық әдістерін атап, олардың негізгі мақсаттарын талдаңыз.
12. Метрополитен желілерінің орналасу түрлері мен олардың орналасу параметрлері?
13. Метрополитен тоннельдерінің айналма иіндерінің ең аз радиусы, оның желілерінің профилі қандай?

3. МЕТРОПОЛИТЕН ҒИМАРАТТАРЫНЫҢ ИНЖЕНЕРЛІК КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ

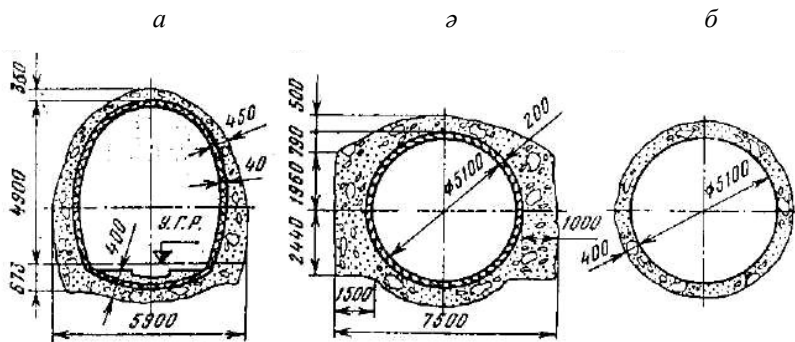
3.1. Жалпы мағлұматтар

Метрополитеннің негізгі көліктік ғимараттарының қаптама бекітпелерінің конструкциялары жайпақ жабындылармен жобаланады (бір, екі, үш және көпаралықты) және күмбездері түрлі (бір күмбезді, екі күмбезді және үш күмбезді) болып келеді. Қазба жұмыстарын жерасты әдісімен жүргізген кезде, тұйық дөңгелек кейіпте және қалқан астында қазудың дамуымен күмбезді конструкциялар қолданылады. Қаптамалар тұтас (бетон, темірбетон), құранды (бетон, темірбетон, шойын, болат) және комбинациялық болып жобаланады [5].

Тұтас конструкциялар – Мәскеу метрополитенінің бірінші кезегін салған кезде пайдаланылды. Ал қазір жерасты әдісімен жұмыстар жүргізген кезде ол сирек жобаланады. Егер геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлар жыныстар ашындысын уақытша бекітпемен ұстап тұруға мүмкіндік берсе, онда тұтас конструкциялар түспе камераларын, тұйық қазбаларда және олардың түйіспелерін бекітпелеуге ұсынылуы мүмкін. Алыс шетелдерде тұтас бетон және темірбетон конструкциялары метрополитен құрылысында кеңірек тараған.

3.1-суретте ішкі гидроизоляциялық «көйлегі» бар бір жолды өтпелі тоннельдің тұтас бетон қаптамасының екі варианты: бірінші вариантта (3.1а-сурет) – гидроизоляция ретінде қалыңдығы 4 см торкретбетон қабаты қызымет етеді. Ал екінші вариантта (3.1б-сурет) – желімделген гидроизоляциясы бар қалыңдығы 20 см тұтас темірбетон қаптамасы көрсетілген.

Өтпелі тоннельдердің тұтас бетоннан, ал келешегі бар конструкциясына – пресс-бетоннан жасалғандары жатады. Оларды, тоннельдерді ұстамсыз құмды және қатты таужыныстарында салғанда пайдалануға болады және ол конструкциялардың өте тиімді екендігін көрсетті.



3.1-сурет. Метрополитеннің өтпелі тоннельдерінің тұтас қаптамаларының конструкциялары

Орныксыз таужыныстарында аздаған тереңдікте қала үйлері және коммуникациялар астында арнайы бекітпеу шараларынсыз-ақ, пресс-бетон қаптамалары, құрылыс жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді. Ол құрылыс уақытын бірталай қысқартады.

Пресс-бетондық қаптамалар – жоғары су өткізбейтін жіксіз тұтас конструкциялар болып саналады. Олар жіктерді нақыштау және құм-цементті ерітіндіні қаптама сыртына айдап тығындау сияқты қиын операцияларды қазба циклінен алып тастауға мүмкіндік береді. Мұндай қаптамалардың жаратымды конструктивтік ерекшеліктеріне – олардың қоршаған таужыныстарымен, бірден статикалық жұмысқа қалыптасуы жатады (құрастырмалы немесе кәдімгі бетоннан жасалған тұтас конструкциялармен салыстырғанда және бетонның) мықтылық сипаттамасының 20–25% жоғарылауы (оның жобалық маркасымен салыстырғанда) жатады.

Мәскеу метрополитенінің Краснопрескенск радиусының өтпелі тоннельдерінің құмды массивіндегі құрылыста қалыңдығы 370–400 мм пресс-бетон қаптамасы қолданылды. Бұл негізгі қазба операцияларының бағасын 20 % төмендетуге мүмкіндік берді.

Бетонның жобалық маркасы М300 болғанда, оның призмалық шын мықтылығы 40 МПа шамасында болды. Қатты таужыныстарында пресс-бетон қаптамасын пайдалану мысалы ретінде, Тбилиси метрополитенінің өтпелі тоннелі құрылысын келтіруге болады.

Бұл құрылыста қаптама тұрғызу және забойды қазу жұмыстарында бөлектелген технология қолданылды (құмдақ массивтегі тоннельді салу кезіндегі бірлескен технологиямен салыстырғанда), сондықтан тоннель тұрғызу қарқыны бір айда жүз метрден асып түсті. Өтпелі тоннельдің пресс-бетон қаптамасының конструкциясы 3.16-суретте схема түрінде көрсетілген.

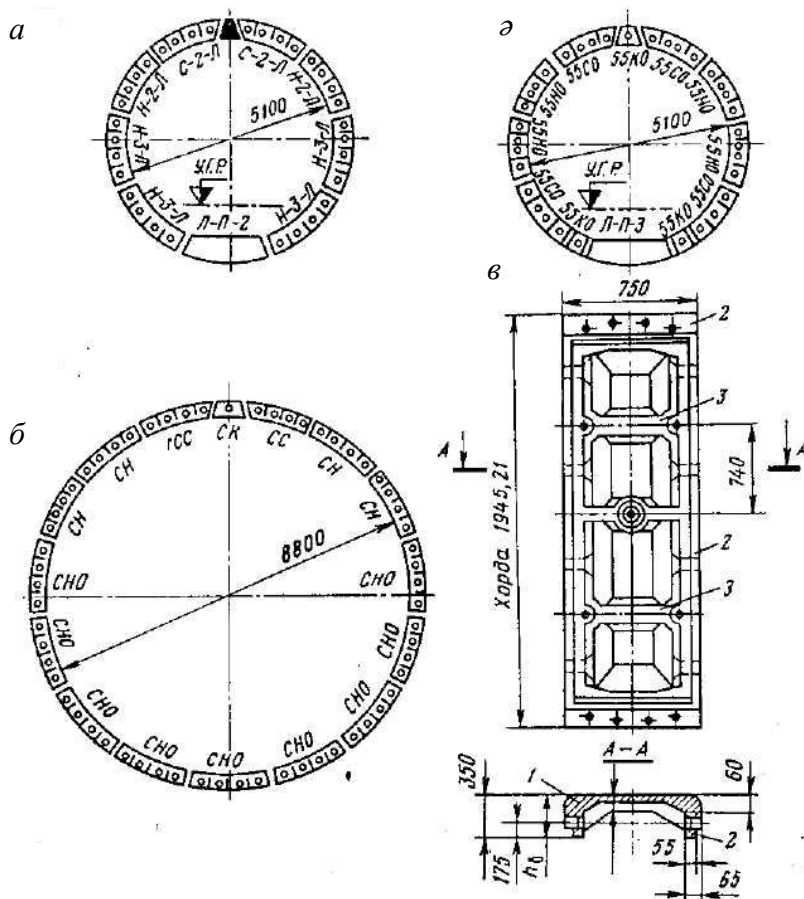
Орнықты, қатты жыныстарда өтпелі тоннель қаптамаларын қалыңдығы 5–15 см бүрікпе бетоннан жобалауға болады. Ал үгітілмейтін массивтерде, өтпелі тоннельдерді бекітпесіз де эксплуатациялауға болады.

3.2. Метрополитен тоннельдері қаптамаларының құрастырмалы конструкциялары

Жұмыстарды жерасты әдісімен жүргізген кезде метрополитен ғимараттарында ең көп қолданылатын конструкциялар – құрастырмалы қаптамалар. Орнықсыз күшті суланған таужыныстарында шойын қаптамалармен қатар сирегірек болат тубингтер де қолданылады. Орнықсыз суланбаған таужыныстарында – темірбетон кесектері мен тубингтерінен жасалған қаптамалар пайдаланылады [5].

Тоннельдердің құрастырмалы шойын қаптамалары, тубинг түрінде жобаланады. Олар ұзынабойғы бүйірлерінде – сақина болып және көлденең бүйірлерінде, сақина араларында түйіседі.

Кейбір конструкцияларда арнайы ішкі беттері жайпақ, астаулық тубингтер, құлыптық тубингтің орнына – сына тығындықтар (прокладкалар) қолданылады. Тоннельдің бұрылатын жерлерінде сына тәрізді тубингтердің сақиналары немесе арнайы металл тығындықтар қолданылады.



3.2-сурет. Метрополитен тоннельдері үшін шойын түбингтерден тұратын құрастырмалы қаптамалардың конструкциялары

Кәдімгі түбинг (3.2в-суреттегі кәдімгі станциялық түбингті қараңыз) маркасы С4-21-40 сұр шойыннан құйылған шойын құймасы болады және ол цилиндр бетті қабықша, түрлі аркадан (1), төрт бүйірден (2) (екі көлденең және екі ұзынабойлық) және қаттылық қабырғаларынан (3) тұрады, ол

арқасының қалыңдығын есептеу арқылы анықталады. Ол шыдамды, әрі шойын құю технологиясының шарттары бойынша 18-20 мм-ден кем болмауы тиіс. Бүйірлерінің биіктігі h_b , – сонымен бірге, монтаждық және жүк көтергіштік элементтері болып саналады. Тоннельдің ішкі диаметрі $D_{вн}$ мен қоршаған таужыныстарының қасиеттеріне байланысты алдын ала дайындалады. Орнықты сулы жыныстарда $h_b = (0,02 \div 0,03) \cdot D_{вн}$, орнықсыз жыныстарда $h_b = 0,04 D_{вн}$. Осыдан кейін, h_b мөлшері есептеу арқылы тексеріледі.

Тоннель қимасының мөлшері мен қоршаған жыныстар массивінің қасиеттеріне байланысты тубингтің ені 500-ден 1000 мм-ге дейінгі аралықта қабылданады. Ол ұзынабойғы қаттылық қабырғалары қалқанды комплексі домкраттарының, монтаждық сығымдау күштерін қабылдауға арналған. Оның көлденең қабырғалары – тубингтің жұмыстық көлденең қимасының иілуге қаттылығын ұлғайтады. Ұзынабойғы және көлденең бүйірлерімен тубингтер бір-бірімен диаметрі 20–45 мм болат болттармен біріктіріледі.

Тубинг бүйірлерінің сыртқы бетінде фальцылар болады. Олар шектес тубингтерді түйістірген кезде, жыра болып қосылады. Жыралар түйіспелерді нақыштауға арналады және олар су өткізбейді. Нақыштау – қорғасындалған асбест жіптер немесе қорғасын сымдар мен ұлғайғыш цементтер арқылы орындалады.

Тоннельдерді гидроизоляциялаудың негізгі бір шарасы – тубингтердің арқа қабырғаларындағы арнайы тесіктер арқылы, қаптаманың сыртына тампонаждық ерітінділерді айдау болып саналады.

3.2а-суретте мысал ретінде метрополитеннің өтпелі тоннельдерінің жайпақ астаулы шойын қаптамасы сақинасының схемасы келтірілген. Ол шойын-бетонды астау блогынан Л-П-2, төрт кәдімгі Н-3-Л тубингтерінен, екі кәдімгі Н-2-Л тубингтерінен, екі жапсарлас С-2-Л тубингтері мен құлыптағы бір сына тәрізді тығындықтан тұрады. Бұл конструкция тоннельдерді қалқанды және қалқанның әдістерімен жүргізген кездерде қолданылады.

Өтпелі тоннельдердің жайпақ астаулы шойын қаптамасының басқа конструкциясы Л-П-3 астаулық блоктан, 4 55НО кәдімгі тубинг пен 4 55СО шектес және 3 55КО кілттік тубингтерден тұрады. Олар тоннельді қалқанды әдіспен жүргізген кезде, сақинаны ішінен қабыстырады. Келтірілген қаптамалар астауларды тазалап, теміржол салған кездегі жұмыстардың еңбек көлемі мен бағасын төмендетеді.

Метрополитеннің станциялық тоннельдерінің шойын қаптамаларының сыртқы диаметрлерін 8,5 м және 9,5 м етіп жобалайды. 3.2б-суретте сыртқы диаметрі 9500 мм шойын қаптаманың 16 тубингтен тұратын сақинасының схемасы көрсетілген. 3.2в-суретте СН тубингісінің жалпы түрі мен көлденең қимасы келтірілген. Сыртқы диаметрі 8500 мм тоннельдің қаптама сақинасының ені 750 мм, ол 5 түрлі 17 тубингтен тұрады, оның сақина ернеулері күшейтілген.

Шойын қаптамаларға қарағанда құрастырмалы болат қаптамалардың біраз артықшылықтары бар: сығылуға және созылуға біркелкі мықты, балқытып біріктіруге байланысты жоғары суөткізбеушілікті қамтамасыз етеді. Негізгі кемшіліктері – үлкен коррозиялық тозу және болат қаптамалардың салыстырмалы жоғары бағасы. Осы кемшіліктер, болат қаптамалардың көлік тоннельдерінде қолданылуын біраз шектейді.

Судың әсеріне тікелей шалдықпайтын тоннель ішіндегі конструкцияларда, болат материалдарын қолдануға болады.

Метрополитен, теміржол және автожол тоннельдерінде құрастырмалы темірбетон қаптамалары кеңінен жобаланып, қолданылады. Қазіргі кезде салынатын тоннельдердің жалпы ұзындығы 90% темірбетон қаптамаларымен бекітіледі.

Киев метрополитені тоннельдерінде тегіс блоктардан тұратын қаптамалар кеңінен қолданылды (3.5а-сурет). Ені 1000 мм болатын қаптама сақинасы 7 блоктан тұрады: 4 кәдімгі, 2 жапсарлас және 1 құлыптық. Блоктардың арасындағы жазық жапсарларда жарты циркульді саңылаулар қарастырылған. Олар монтаждан кейін цемент ерітіндісімен толтырылып, монтаждық шпонкалар пайда болады.

Жапсарлардағы осындай байланыстар, созылуға тиімді жұмыс істейді. Блоктардың материалы маркасы 400 бетон және диаметрі 16 мм периодты профильді өзекшелерден тұратын, балқытпалы арматуралық каркас және диаметрі 6-10 мм тегіс болат арматурасы, ал тоннельдің 1 м шығыны 621 кг. Жапсарлардың гидроизоляциясы осы конструкцияда, басқа да құрастырмалы темірбетондық қаптамаларда цементпен сылауланады, олар арнайы қарастырылған фальцаларда толтырылады.

Қалқанды әдіспен жүргізілетін тоннельдер үшін болашағы зор конструкцияға – қабырғалы блоктардан тұратын бірқалыпты қаптамалар жатады (3.5ә-сурет). Мұнда да ені 1000 мм сақина 7 блокпен 6 кәдімгі және 1 жазық астаулықтан тұрады. Сақинадағы блоктар созылуға байланысы жоқ цилиндрлік беттермен, монтаждық шпилькалармен қосылады. Жапсарлы сақиналар жіктерін байланыстырмай-ақ, жазық беттерімен бір-бірімен қосылады. Қаптаманың материалы маркасы 400 бетоннан жасалады, тоннельдің 1 м кететін болат арматураның шығыны – 257 кг.

Петербург метрополитенінің құрылысында, одан кейін Мәскеу мен бұрынғы ССРО-ның басқа қалаларында тьюбингтерден тұратын темірбетон қаптамасы қолданыс тапты. 3.3б-суретте өтпелі тоннельдің темірбетондық тьюбингтік қаптамасы көрсетілген. Ені 1000 мм болатын қаптама сақинасы 10 тьюбингтен: 7 кәдімгі, 2 жапсарлас және 1 құлыптықтан жиналады.

Сақинадағы тьюбингтердің бір-бірімен жіктесуі, сонымен бірге жапсарлы сақиналарда, болттардың көмегімен жазық жіктерінің бойымен қосылып қабысады. Олар созылудың уақытша монтаждау байланысы болып саналады. Ал эксплуатациялау кезінде ол болттық тесіктердің жоғары бөліктерін цемент ерітіндісімен сылар алдында, шпилькалармен алмастырылады. Тьюбингтердің ернеулері ең жүктемеленген элементтері болғандықтан, олар күшейтіліп армировкаланады.

Тьюбингтерді дайындау үшін әдетте жоғары маркалы бетон мен кәдімгі блоктарды дайындағаннан өзгеше, мықтылығы

жоғары арматуралық болаттар көбірек пайдаланылады. Қарастырылып отырған темірбетондық тьюбингтік қаптаманың материалы – маркасы 600 бетон қолданылады, ал тоннельдің 1 м арматуралық болаттың шығыны 458,7 кг-ға тең.

Қазіргі уақытта Петербург метрополитенінің құрылысында РБ-5НСК-49 типті (3.3в-сурет) тьюбингтік темірбетондық қаптамалар кеңінен қолданылуда. Ені 1000 мм қаптама сақинасы 9 тьюбингтен тұрады: 6 кәдімгі, 2 жапсарлық және 1 құлыптық. Сақинада тьюбингтер бір-бірімен цилиндрлік жіктік (созылым байланысынсыз) қоспалармен тоғысады. Қарастырылып отырған конструкциядағы жапсарлас сақиналар, олардың жіктерін байланыстырып тоғысады. Қаптаманың материалы – маркасы 600 бетон, тоннельдің 1 м арматуралық болаттың шығыны 306,1 кг.

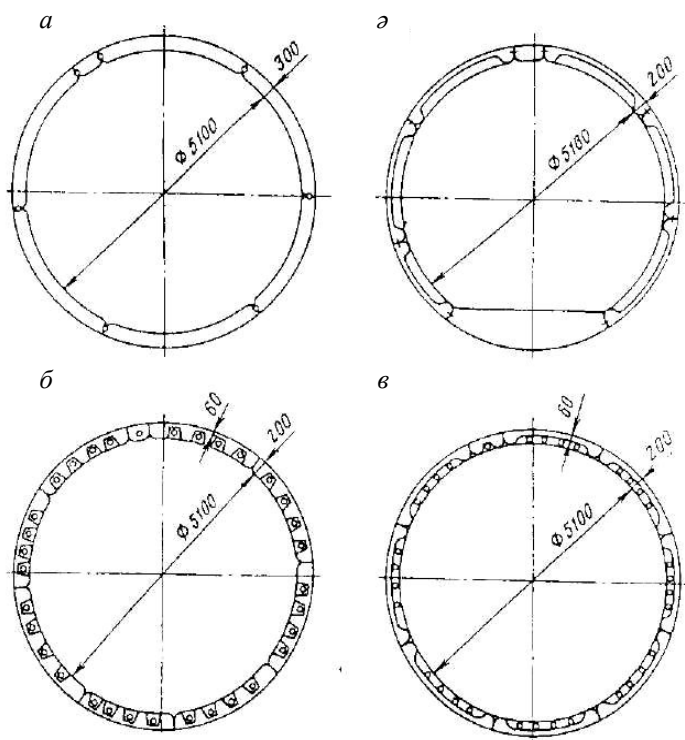
Станциялық тоннельдердің темірбетондық тьюбингтік қаптамаларының сыртқы диаметрі көбіне 8,5 м болып жобаланады. Киев метрополитенінде қолданылған мұндай қаптама сақинасының ені – 750 мм және ол 10 тьюбингтен тұрады: 7 кәдімгі, 2 жапсарлас және 1 құлыптықтан, араларындағы жіктер жазық болып келеді (3.4а-сурет).

Жоғарыда қарастырылған қаптамалар конструкцияларына қарағанда, алдын ала кернеулі құрастырмалы қаптамалардың бірқатар артықшылықтары бар: монтаждағаннан кейін қоршаған жыныстар массивімен бірлескен жұмысқа бірден кірісуі, жіктердің жабылуы және жіктердегі гидроизоляцияның тығыздалуы; монтаждық кезеңде геометриялық өзгермеуі; жарықшақтыққа төзімділігінің артуы; болат және бетон шығындарының төмендеуі; қалалық жағдайдағы ең маңыздысы – жер бетінің отыруын болғызбауы.

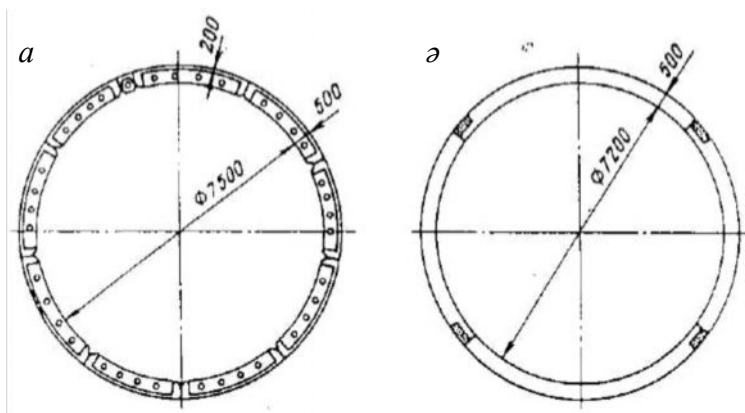
Құрастырмалы қаптамаларды алдын ала кернеулеуге арнайы конструктивтік элементтерді қолдану арқылы іске асыруға болады: сыртқы бетон сақинасымен, сыртқы болат құрсаулармен, бандаждармен немесе қаптаманы жыныстар массивіне сығымдаумен. Жынысқа сығымдалатын қаптамалардың конструктивтік шешімдері әр түрлі болып келеді.

Ең үлкен таралымды екі конструктивтік шешімдер: арнайы терезешелерде орнатылған гидравликалық домкраттардың күшімен қаптамаларды сығымдау немесе тоннельдің ішінде шығарылған домкраттармен және одан кейінгі бетон тығындық жапсырмаларын орнатумен; екі көлбеу ұшқы беттерінің немесе екі тік ұшқы беттерінің арасына сына тәрізді блоктарды тығыздай қағу арқылы сығымдау.

Метрополитен құрылысы тәжірибесінде гидравликалық домкраттарды қолдану әдісі кеңінен тарады.



3.3-сурет. Метрополитеннің өтпелі тоннельдерінің дөңгелек пішінді құрастырмалы темірбетон қаптамаларының конструкциялары



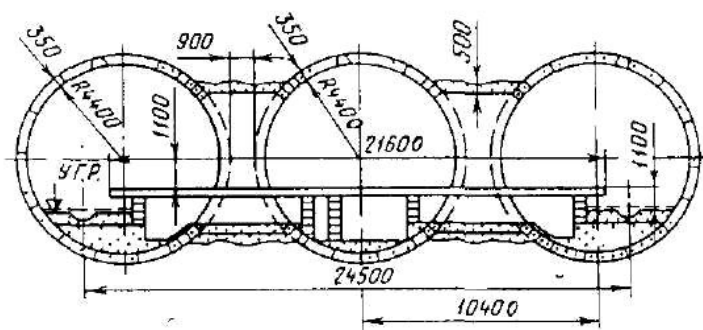
3.4-сурет. Метрополитеннің станциялық тоннельдерінің дөңгелек пішінді құрастырмалы темірбетон қаптамаларының конструкциялары

3.3. Метрополитен станцияларының құрастырмалы қаптамаларының конструкциялары

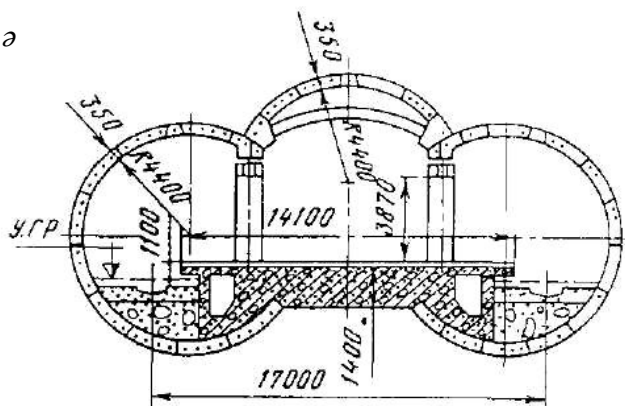
Метрополитеннің тереңдікте салынған станцияларының құрастырмалы қаптамаларының, өтпелі тоннельдердің қаптамаларымен салыстырғанда конструкциялары күрделірек болып келеді. Станциялардың конструктивтік шешімдерінің негізі, жоғарыда қарастырылған сыртқы диаметрлері 9500 мм және сирек 8500 мм станциялық тоннельдердің қаптамаларының конструкциялары [3, 5].

Метрополитен құрылысының бұрынғы ССРО-дағы тәжірибесінде үш күмбезді станциялардың екі конструктивтік шешімдері кеңінен тарады: пилондық және колонналық типтері. Мысал ретінде, 3.5-суретте осындай станциялардың ойық жерлерінің көлденең қималары көрсетілген. Ал 3.5а-суретте шойын тубингтерден тұратын пилон типті станцияның көлденең қимасы келтірілген.

а



ә



3.5-сурет. Метрополитен станцияларының конструкциялары
а-пилондық тип; ә-колонналық тип

Конструктивтік шешімінің негізін, ортаңғы және екі бүйірдегі станциялық тоннельдер құрайды, олар сыртқы диаметрі 9500 мм-лік тубингтерден тұратын қаптамалармен бекітілген. Мұндай конструкциялар (9500 мм) бұрын қолданылған, қазіргі уақытта сыртқы диаметрі 8500 мм тубингтерге ауыстырылған.

Ортаңғы және бүйірлердегі тоннель араларында өтпе жол болу үшін станциялық тоннельдердің сақиналарында ойықтар жасалып, олар арнайы кәсек конструкциямен жасақталады. Бұл конструкциялар шеткі сақиналардың күшейтілген тюбингтерінен, жоғарғы және төменгі тюбингтік маңдайшартартпалардан тұрғызылады. Ойық өтпелер пилондармен (қабырғашаларымен) кезектеседі, олар ені 4 немесе 3 тюбинг сақиналарына тең болып орындалады. Өтетін жолдар әдетте, қалыңдығы 40 см-ден кем емес тұтас бетонмен бекітіледі. Оның сыртқы гидроизоляциясы бетонға кіргізілген анкерлер арқылы бекітілген металл беттерден тұрады.

Сыртқы диаметрі 9500 мм шойын тюбингті қаптамалары бар колонна типті станциялардың көлденең қимасы 3.5ә-суретте келтірілген. Жоғарыда айтып өткендей, жаңа жобаларда сыртқы диаметрі 8500 мм-ге тең тюбингтер қолданылады. Конструкция – бүйір тоннельдерінің ішіне қарай ашылған қаптама сақиналарынан тұрады. Олар жоғары жағынан екі ұзынабойлық металл аркадаларға сүйенген және ортаңғы тоннельдің дөңгелек күмбезінен тұрады, олар да сол аркадаларға сүйенген.

Бүйір тоннельдерінің ажырасып ашылған сақиналары мен ортадағы тоннельдің күмбезі, стандарттық шойын тюбингтерден құрастырылады. Оның екі типті арнайы тюбингтерден басқалары, бүйір тоннельдері сақиналары мен ортадағы тоннель күмбезінің тіреулік элементтерінің қызметін атқарады.

Аркалар балкытылып немесе шегеленіп қосылған металл конструкцияларынан құрылған. Олар екі консольдік аралықтан, сол аралықта түйістіріліп, станция бойындағы колонналардан, бір-бірінен қадамы 4000–5000 мм тіреу башмақтарынан тұрады. Колонналар темірбетон плиталарына сүйенеді, олар станцияның төмен жағында ажыратылған сақиналарды біріктіріп, жайпақ астауды құрастырады. Бүйір тоннельдерінің ажыратылған сақиналары мен ортаңғы тоннельдің күмбезіне қысым күштерін беру үшін, соңғысының ішіне қысық сызықты металл тіреушелер орнатылады. Жаңа жобалық шешімдерде болат өтпелер қолданылмайды, ал платформаның – астына қызмет бөлімшелері орналасады.

Пилондық және колонналық типтегі станциялар, сонымен қатар темірбетон тубингтері мен блоктарынан жасалуы мүмкін. Мұндай конструкциялар Киев метрополитені құрылысында қолданылған. Бүйірлік платформалары жоқ колонналық типтегі станция үшін, Петербург метрополитенінде қызықтыратын конструктивтік шешім қолданылған. Мұндай станцияның ортаңғы тоннелінің сыртқы диаметрі 9800 мм-ге дейін үлкейтілген. Ал онымен бір деңгейде орналасқан бүйірлік тоннельдер, сыртқы диаметрі 5500 мм болатын өтпелі тоннельдердің темірбетондық қаптамалармен бекітілген.

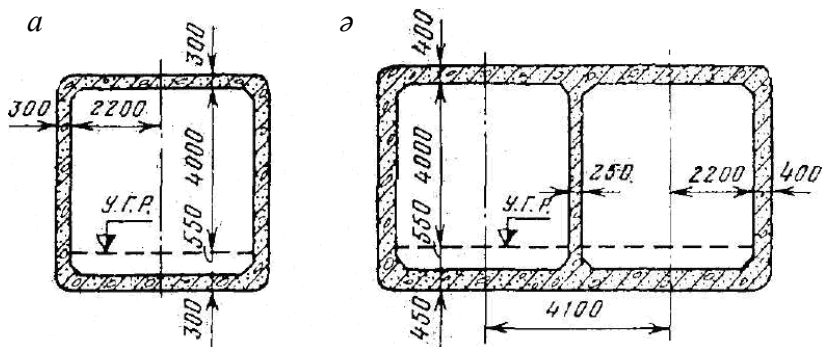
Бүйірлік тоннельдердің ажырасқан сақиналары мен ортаңғы тоннельдің күмбезі, тік шойын қабырғаларға сүйенеді. Олардың метрополитен вагондары есігінің еніне тең, сырғымалы есіктері болады.

Өтпелі және станциялық тоннельдердің стандарттық темірбетон немесе шойын элементтерден болатын құрастырмалы қаптамалары, метрополитеннің басқа да әр түрлі ғимараттарын бекітпелеуге пайдаланылады. Эскалаторлық тоннельдерді түсу камераларында, тұйықтарда жүретін дәліздерде де қолданылады.

Ашық әдіспен тұрғызылған метрополитен ғимараттарының қаптамалары қазаншұңқырды қайта көмгеннен, салыстырмалы аздаған тік жүктемелерді қабылдайды. Сондықтан, жайпақ жабындысы бар конструкциялар ең көп қолданылған. Сирек, жағдайларда – төбенің ара қашықтығы үлкен болғанда, күмбезді конструкциялар қолданылады. Жайпақ жабындысы бар тұтасқан қаптамалар 1 жолды өтпелі тоннельдер үшін 1 аралықты түрде жобаланады (3.6а-сурет) және 2 жолды тоннельдер үшін 2 аралықты түрде (3.6б-сурет), олардың конструкциялары көбінесе темірбетондық кәсектік болып келеді.

Метрополитен станцияларының жайпақ жабындысы бар тұтасқан темірбетондық қаптамалары, әдетте 3 аралықты болып жобаланады, ал 2 аралықты конструкция түрінде сирек жобаланады. 3 аралықты конструкциялардың бірнеше варианттары бар, олардың негізінен жабындының конструктивтік шешімінде ғана айырмашылықтары болады. Олардың кеңінен

таралғандары арқалықты плиталары бар қабырғалы жабындылар.



3.6-сурет. Ашық әдіспен қазба жұмыстарын жүргізгендегі өтпелі тоннельдердің тұтас темірбетон қаптамаларының конструкциялары

Архитектуралық жағынан ең жақсысы – конструкциялары арқалықсыз жабындылар. Оларда күшейтілген жабынды плиталары және оның жоғары жағы, кеңейтілген колонналарға (капиталдарға) сүйенеді.

Ашық әдіспен қазба жұмыстарын жүргізген кезде, метрополитен құрылысында құрастырмалы темірбетоннан жасалған жайпақ жабындысы бар қаптама конструкциялар ең көп пайдаланылған.

Өтпелі тоннельдерде негізінен екі конструктивтік шешім қолданылады: жекеленген темірбетон элементтерінен тұратын қаптамалар (жабындылар, қабырғалардан, табан араларынан) және қимасы тік бұрышты тұйықталған темірбетон элементтерінен тұратын тұтас секциялы қаптамалар.

Тұтас секциялы қаптамалар арматуралары алдын ала кернеуленіп орындалады. Зауыт жағдайында оған гидроизоляция жасалатындықтан, олар құрастыру жұмыстарының жоғары өнімділігін қамтамасыз етеді.

Кеңінен тараған станцияның 3 аралықты құрастырмалы конструкциясы – орта тұсында су ағатын арнасы бар тұтас

темірбетоннан жасалған табан-астаудан, қабырға элементтерінен, таврлық қималы арқалықтардан, жабындылардан, кадамдары 4; 4,5; 6 м-лік колонналардан тұрады.

Құрастырмалы қаптамалардың монтаждау кезіндегі орнықтылығы мен көтеру қабілеттілігін, арнайы конструктивтік шараларды жүргізу арқылы қамтамасыз етеді.

3.4. Алматы метрополитені ғимараттарының құрылыстық конструкциялары

Алматы метрополитенінің бірінші кезегінің жобасы мен жұмыстың нормативтік құжаттарға сәйкес, метрополитен желілерінің құрылыстық конструкциялары жыныстар ортасында және қоршаған жыныстармен тығыз байланыста деп саналып, сол кезде болатын жүктемелердің әсерлеріне есептелген [2].

Құрылыстың гидрогеологиялық және инженерлік-геологиялық жағдайларына, орналасу тереңдігі мен құрылыс ауданының сейсмикалығына (9 баллдан артық) байланысты, ғимарат конструкцияларының типтері таңдалып алынған. Ғимарат конструкциялары негізінен құрастырмалы және олар темірбетон блоктары мен шойын түбингтерден құралған.

Тұтас бетон мен темірбетон, конструкциялардың табанындағы астауша бөлімдерінде, тоннельдердің түйіскен жерлерінде, ауытқу қималарында және көптеген технологиялық ойықтары бар тұстарында қолданылады.

Конструкциялардың гидроизоляциясы жоларна бөлімшелерінің гидрогеологиялық жағдайларына орай қарастырылған. Сонымен қатар, жоба бойынша Мәскеу ЦНИИС-тің сараптамалық тұжырымымен антисейсмикалық шаралар қарастырылған.

Метрополитен желілерінің терең орналасқан бөлімшелеріндегі конструкциялар.

Жерасты қысымды сулардың жоқтығын есептей келе, өтпелі тоннельдердің қаптамаларына негізінен зауытта дайындалған құрастырмалы темірбетон блоктары қабылданған. Құрылыс ауданының сейсмикасын есептей келе, №935623

авторлық куәлікке сай, сақиналардың жапсырмаларында салмалы бұрыштама түріндегі созылым байланыстары бар қаптама блоктары қарастырылған. Қаптама сақинасының ішкі диаметрі 5,1 м, ал блоктардың қалыңдығы 0,2 м.

Өтпелі тоннельдердің шойын тубингтерінің ішкі диаметрі 5,1 м. Олар тоннель жанындағы ғимараттардың түйіскен жерлеріндегі ойықтың еніне 4 сақинаның енін қосқандағы ұзындығында ғана қолданылады. Өтпелі тоннельдердің металл конструкциялары орнатылған жерлерінде де 14,0 м ұзындықта диаметрі 7,0 м болатын шойын қаптамалар пайдаланылады. Тоннель маңындағы барлық ғимараттар тереңде орналасқан кезде, ішкі диаметрлері негізінен, 5,1–5,6 м болатын шойын тубинг қаптамаларымен бекітіледі. Мұндай тоннельмаңайлық венткамераларға – ғимараттарға, тоннельдердің бір-бірімен тоғысқан жерлері, сутөкпе қондырғыларының камералары, санузел камералары, артезиандық ұңғымалардың камералары және шахта оқпандары жатады. Құрастырмалы темірбетон және шойын қаптамаларының гидроизоляциясы, блоктар мен тубингтер арасындағы жіктерді БУС құрамымен нақыштау арқылы қамтамасыз етіледі. Ал болттық бекітпелердің гидроизоляциясы бөшке пішінді полиэтилен шайбасын орнату арқылы қамтамасыз етіледі («Шахтаспецстрой» тресінің техникалық шарттары бойынша). Жобаны 1984 жылы қайта қарап түзеткен кезде кейбір станциялардың конструкциялары өзгертілді: «Тұлпар» және «Байқоңыр» станциялары колонналық тип болып қабылданды.

Тереңге орналасқан станциялар үшін пилондық және колонналық конструкциялардың принципиалдық жаңа унификацияланған түрлері өзгертіліп жасалды. Оларда пилондар мен колонналардың ара қадымы біркелкі 5,0 м болып қабылданды.

Жерасты қысымды сулардың жоқтығын есептей келе, сақиналардың төменгі жағында жайпақ астауды құрастыратын темірбетон блоктары қолданылды. Шойынның шығынын азайтып және өтпелерді тұрғызған кездегі еңбекті жеңілдету мақсатында станциялардың пилондық конструкциялары пайдаланылады. Мұндай конструкцияларды қолдану – ортаңғы

тоннельдерді тұрғызған кезде, бүйірлік тоннельдердің жоғарғы орнықтылығын қамтамасыз етеді.

Колонналық станциялардың конструкциялары, болаттан балқытылып құрастырылады. Станциялық қаптамалардың гидроизоляциясы жіктерді БУС құрамымен нақыштау арқылы қамтамасыз етіледі. Колонналық типтегі станцияларда теміржол осьтерінің арасы 18,1 м-ге, ал пилондық типтегі станцияларда – 22,0 м тең.

Бүйірлік тоннельдердегі поездға отыратын платформалардың ұзындығы 102 м-ге тең етіп қабылданған. Станциялық бүйірлік тоннельдердің ең аз ұзындығы 111 м. Станциялардың ортаңғы залдарының ұзындығы есепті жолаушы ағынын, келетін дәліздерді, келешектегі желілердің дамуын есептей келе анықталған.

Станциялық кешендердің құрамына мыналар кіреді:

- эскалаторлық тоннелі металл конструкцияларынан тұратын тартпа камерасымен;
- келетін дәліздер баспалдақтары және жолдар үстіндегі көпіршелерімен;
- қызмет бөлмелері блогі (БСП);
- төмендетуші немесе бірлескен тартым-төмендетуші подстанциялар (ПП немесе СПП);
- эскалаторлық тоннельдер бүйір жақтан орналастырылғандағы станциялық венткамера (ВК), келуші венттоннелімен;
- ауа суытатын камералар (КО);
- келешектегі эскалаторлық тоннельдердің тартпа камералары.

Алматы метрополитенінің барлық станцияларындағы 4 машиналы (жолды) эскалаторлық тоннельдердің қаптамалары, диаметрі (сыртқы) 9,8 м болатын шойын тубингтерімен бекітіледі.

Станциялар мен станция маңындағы ғимараттардың ішкі құрылыс конструкциялары негізінен, құрастырмалы темірбетоннан жасалған.

«Достық» станциясынан басқа барлық станцияларда, жерасты вестибюльдерін салу қарастырылған. Олар кіретін баспалдақтары бар жерасты жаяу жүретін өтпелермен қосылған.

***Тайыз салынған метрополитен желілерінің
құрылыстық конструкциялары***

Депоға баратын жолдың порталынан «Октябрьская» станциясына дейін жұмыстарды жабық әдіспен жүргізген бөлімшенің соңынан, «Тұлпар» және «Алатау» станциялары аралығындағы өтпелі тоннельдер мен тоннель маңайындағы ғимараттардың құрылысы ашық әдіспен жүргізеді.

Құрылыстың бұл ауданында геологиялық жағдайдың жиі өзгеріп, ағымдылығының 0,5-ден артық саздақ топырақтардың болуы мүмкін. Сондықтан, айтылған бөлімшенің сейсмикалығы жобада 9 баллдан артық қабылданған.

Тектоникалық диагональдық жарылым зонасына «Жетісу» станциясының көлбеу эскалаторлық тоннелі мен вестибюлі тап болады. Бұл жерлерде сараптамалық тұжырымдар бойынша, станциялар мен тоннельдердің конструкциялары элементтерін антисейсмикалық күшейту шаралары қарастырылған.

1 және 2 жолды өтпелі тоннельдердің бұл жерлердегі конструкциялары, ірілендірілген элементтерден тұратын құрастырмалы темірбетоннан жасалған. Бірақ олар сейсмикалық әсерлер үшін күшейтілген.

«Октябрь» және «Алатау» станциялары ашық әдіспен салынды. Олардың сейсмикалық әсерлерге орнықтылығын арттыру үшін «Октябрь» станциясы тұтас темірбетоннан бір күмбезді болып салынған.

Станцияның табан астаушасы мен қабырғалары ірі мөлшерлі құрастырмалы элементтер арқылы жобаланып, олардың косылатын жерлері тұтастырылып бекітілген.

«Алатау» станциясының конструкциялары да құрастырылмалы темірбетон элементтерінен тұрады. Олардың түйіскен жіктері, антисейсмикалық құрылыммен байланысқан.

Тайыз салынған станциялардың платформасының ені 10,0 м-лік ірі мөлшерлі элементтерден тұрады.

«Октябрь» станциясының платформалық бөлімінің ұзындығы 102,0 м, ал «Алатау» станциясы – 103,5 м-ге тең.

Станциялардың платформалық бөлімдерінің екі басында жерасты вестибюльдері орналасқан, олар жаяу жүретін

өтпелермен қосылған. Жерасты вестибюльдері толығымен құрастырмалы темірбетон элементтерінен жасалған.

Ашық әдіспен тұрғызылған барлық ғимараттардың гидроизоляциясы, желімденетін гидростеклоизолатордың екі қабатынан тұрады. Ал олар армировкасы бар цемент-құм ерітіндісі қабатымен қорғалған.

Ғимараттардың тоңдалатын топырақ қабатына түсетін жерлерінде конструкцияларды тоңазудан қорғайтын жылу сақтау әдісі қарастырылған.

3.5. Метрополитен тоннельдері мен станцияларының қаптамасына тау қысымынан болатын есепті жүктемелерді анықтау (СНиП II-40-80)

Қаптамаларға тау қысымынан болатын жүктеме мөлшерлерін, инженерлік-геологиялық ізденістер мен ғылыми-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 [6].

Біркелкі жыныстарда құрастырылмалы қаптамаларының сыртқы диаметрі – 5,5 м жабық әдіспен салынған жеке-дара тоннельдерде, тау қысымынан болатын нормативтік тік жүктеме мен артық жүктеме коэффициентінің мөлшерлерін 3.1 және 3.2-кестелер бойынша қабылдауға болады (СНиП II-40-80, 16-17-беттер).

Жеке-дара тоннельдердің басқа мөлшерлерінде, бірақ 9,5 м-ден артық болмағанда, тау қысымынан олардың қаптамаларына түсетін нормативтік тік жүктемені осы 3.1 және 3.2-кестелердегі деректер арқылы анықтауға болады. Тек жобалап отырған тоннель диаметрінің кестелерде келтірілген диаметріне қатынасына байланысты, жүктеменің мөлшерін пропорционалды түрде өзгерту керек.

Ескерту. Тоннельдің арасындағы таза қашықтық мынадай болғанда олар жеке деп саналады: 1) қатты жыныстар мен берік

саздарда қаптаманың сыртқы диаметрінің жартысынан кем болмағанда; 2) мықты топрактарда – қаптаманың сыртқы диаметрінен кем емес уақытта.

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

$$q^H = q_z^H - \frac{Z \cdot (q_z^H - q_o^H)}{d}; \quad (3.1)$$

мұндағы q_z^H – ең аз беріктігі бар жыныстың нормативтік тік жүктемесі, кН/м² (тс/м²), 3.1 немесе 3.2-кестелер бойынша қабылданады;

Z – тоннель қаптамасы күмбезінің жоғары жерінен, тоннельді қоршаған ең әлсіз жыныстың жанасуына дейінгі қашықтық, м;

q_o^H – тоннельдің үстінде жатқан жыныстың нормативтік тік жүктемесі, кН/м² (тс/м²), 3.1 немесе 3.2-кестелерден қабылданады;

d – қаптаманың сыртқы диаметрі, м.

Сазды жыныстарда тереңдігі 45 м артық жерлердегі жүргізілген тоннельдерде тау қысымынан болатын нормативтік

тік жүктемелердің мөлшерін арнайы коэффициент $K = \frac{H}{45}$ арқылы қабылдау керек. Мұндағы H – тоннель жүргізілетін тереңдік, м (жер бетінен тоннель қаптамасының табанына дейін).

Егер 3.1 немесе 3.2-кестелер бойынша анықталған нормативтік тік жүктеменің мөлшері, тоннель үстіндегі барлық жыныс қабаттарының салмағынан болатын жүктемеден артық болса, онда соңғысын нормативтік деп қабылдау керек.

3.1-кесте

Қазбаның қимасындағы және төбесіндегі қатты емес жыныстардың түрлері	Нормативтік тік жүктеме (сыртқы диаметрі 5,5 м тоннель қаптамасы үшін) $\kappa H/m^2(tc/m^2)$	Артық жүктеме коэффици- циенті	Жыныстардың сипаттамасы		
			Тығыздығы, m/m^3 (көлемдік салмағы, tc/m^3)	Ішкі үйке- ліс бұ- рышы, град	Меншікті ұстасуы, MPa (kg/cm^2)
1	2	3	4	5	6
<i>Сазды жыныстар</i> 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)
Спондильдік (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)
Юралық 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)
Ұсақ тас және шым аралас супесті- саздақты жыныстар	200 (20)	1,4	1,90	22	0,02 (0,15)
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 тоннельдердің бөлімдерінде, нормативтік жүктеме мен артық жүктеме коэффициентінің мөлшерін арнайы инженерлік зерттеулер нәтижелерін пайдаланып анықтау керек.

3.2-кесте

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

Ескертулер. 1. Судағы жұмсару коэффициенті, үгітілу дәреже мен 1 осьтік сығылуға уақытша кедергісі бойынша қатты жыныстардың түрлерін үйлер мен ғимараттардың табандарын жобалаудағы СНиП-тің тарауларына қарай қабылдау керек.

2. Теміржол және автожол тоннельдерін жобалаудағы СНИП тарауларының талаптары негізінде, қатты жыныстардың жарықшақтық дәрежелері анықталады.

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

$$P^H = q^H \cdot tg^2 \cdot (45^\circ - \frac{\varphi^H}{2}), \text{ кН/м}^2; \quad (3.2)$$

мұндағы q^H – нормативтік тік жүктеме, кН/м^2 ;

φ^H – жыныстардың нормативтік ішкі үйкеліс бұрышы, град.

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

Қатты және жарғылай 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 [7].

Тасымал тоннельдері 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 анықтайды:

$$q_0^H = \gamma \cdot g \cdot H, \text{ кН/м}^2;$$

– жазық жүктемені P_z^H , кН/м^2 , төмендегі формуламен:

$$P_0^H = \gamma \cdot g \cdot H \cdot tg^2 \cdot (45^\circ - \frac{\varphi^H}{2}), \text{ кН/м}^2; \quad (3.3)$$

мұндағы H – жоғары жатқан жыныстар қабатының биіктігі, м;

γ – жыныс тығыздығы, т/м^3 ;

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

Есепті жүктемелер, нормативтік жүктемелерді артық жүктеме коэффициенттеріне көбейту арқылы анықтады (3.1, 3.2-кестелер).

Метрополитен бекітпелері конструкцияларының өз салмағынан болатын сейсмикалық инерциялық жүктеме, оның конструкцияның К нүктесіндегі (мысалы, қабырғаның салмақ орталығында) жазық құраушысы және оның өзіндік толқуы ретінде қарастырылып, мына теңдеу бойынша анықталады:

$$P_{ik} = k_c \cdot m_0 \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik} \cdot G_k; \quad (3.4)$$

мұндағы k_c – сейсмикалық коэффициент, 7, 8, 9 баллдық жер

сілкіністеріне сәйкес 0,025; 0,05; 0,1 тең;

m_0 – қаптаманың (бекітпенің) материалын есептейтін коэффициент, темірбетон үшін 1,0, ол бетон үшін –0,8;

β_i – өзіндік тербеліс периодына байланысты динамикалықтық коэффициент, конструкцияның өзіндік толқынысы периодының 0-ден 2,0с өзгеруіне байланысты, 1,0-ден 0,6-ға дейін қабылданады;

η_{ik} – конструкция деформациясы формасының коэффициенті; конструкцияның өзіндік тербелісі мен жүктеменің (G_k) түсетін жеріне байланысты, әрі нақты арнайы есеппен анықталады;

G_k – конструкция элементінің қарастырылып отырған К нүктесіндегі өз салмағынан болатын нормативтік жүктеме.

Сонымен қатар, терең салынған тоннельдердің (күмбезінің төбесінен жер бетіне дейінгі қашықтық (Н) тоннельдің көлденең өлшемінен (В) үш есе артық болғанда), қаптамаларға сейсмикалық толқындардың сығу-созу және сырғыту әрекеттеріне есептеледі [6].

Бұл кезде болатын жүктемелер, қазбадан біраз қашықтықтағы жыныстар массивіне статикалық әсер ретінде қарастырылады. Тайыз тереңдікте салынатын тоннельдердің

қаптамаларын ($H < 3B$) есептеуді, таужыныстарының сейсмикалық инерциялық қысымдарына жүргізу керек. Жыныстар қысымынан болатын инерциялық жүктеменің қарқындылығын бұл жағдайда былай анықтайды:

$$q_B^c = k_c \cdot q_B^H. \quad (3.5)$$

Инерциялық жүктеменің жазықтық құрамасының қарқындылығы, мына формуламен анықталады:

$$P_\Gamma^c = 2 \cdot k_c \cdot P_\Gamma^H \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (3.6)$$

мұндағы q_B^H, P_Γ^H – кезегімен, нормативтік тік және жазық жүктемелер, МПа.

Тәжірибелік жұмыстарға тапсырма

Метроның тасымал тоннельдері мен станциялары қаптамаларына, тау қысымынан болатын есепті жүктемені анықтаңыз. Бастапқы деректер 3.3-кестеде келтірілген.

3.3-кесте

Бастапқы деректер

№	Қазбаның аты	Жыныстар қабатының ($\frac{m_1}{m_2}$) түрлері	$\frac{m_1}{m_2}$, м	B, м	h, м	H, м
1	2	3	4	5	6	7
0	Тасымал тоннелі	Тығыз құмдар	$\frac{35}{5}$	5,5	5,5	40
		Юралық 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	Станция. Ашық әдіспен	Теңіздік супесь	20	12	6,0	20

3.3-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
4	Станция. Жабық әдіспен	Теңіздік супесь	$\frac{34}{16}$	17	9,0	40
		Юралық саздар				
5	Тасымал тоннельі	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
		Юралық саздар				
8	Станция. Ашық әдіспен	Тығыз құмдар	20	12,0	8,0	20
9	Тоннель	Мергельдік саздар	$\frac{16}{20}$	5,5	5,5	30
		Юралық саздар				

3.6. Тюбингтік және кесектік конструкцияларды есептеу

Тау казбаларында, гидротехникалық және көліктік, коллекторлық тоннельдерде кеңінен қолданылатын құрастырмалы тюбингтік және кесектік конструкцияларды 4, 5 және 6- негізгі есептік схемалар бойынша есептеуге болады [5].

Құрастырмалы тұтас бекітпелер мен қаптамаларды кәсекіктен өзгеше ерекшеліктеріне олардың элементтерінің (кесектер, тюбингтер, панельдер) жүк көтерушілік функциясы ғана емес, оның қоршап-қорғайтын функциялары да жатпайды. Олар зауыттарда дайындалып, дайын күйінде тұрғызылатын жеріне жеткізіледі.

Тюбинг периметрі бойынша қаттылық қабырғаларымен шектелген темірбетон, шойын (сирек болат) цилиндрлік сегменттер түрінде болады. Тюбингтердің ұзындығы 1-ден, 2 м-ге дейін, ені 0,7–1,5 м, тақтасының қалыңдығы 0,02–0,1 м, массасы 300–2300 кг, көтеру қабілеттілігі 0,1–0,5 МПа.

Кесектік бетон бекітпелер – радиалдық немесе сына түріндегі кесектермен тұйықталған және тұйықталмаған контурлар түрлерінде де орындалады. Кесектердің қалыңдығы

0,2–0,5 м. Кесектің қалыңдығы мен бетон маркасына байланысты, көтеру қабылеттілігі 0,5–0,8 МПа құрайды.

Жерасты ғимараттарының еркін – деформацияланатын тюбингтік және кесектік конструкцияларын есептеу үшін, 4- негізгі есептік схеманы қолданған жөн. Жазық жерасты ғимараттарында, олар өзіндік салмағынан және ұңғылау жабдықтарының салмағынан монтаждық жүктемені қабылдайды. Егер ұңғылау жабдықтары оны астаулық тюбингке түсіретін болса, оларды есепке алмауға болады. Онда тюбингтік (кесектік) сақина қималарындағы (орталық бұрышы 2α астаулық тюбингтің доғасы бойынша) иілтуші моменттер (M_θ^1) мен нормальдық күштерді (N_θ^1) анықтауға мынадай формулаларды ұсынуға болады (3.7а-сурет) :

$0 < \theta < \pi - \alpha$ болғанда:

$$M_\theta^1 = \frac{G \cdot R}{2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha} \cdot [\alpha - \theta \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha - \cos \theta (1,5 \cdot \sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)];$$

$$N_\theta^1 = \frac{G}{2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha} \cdot [\theta \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha + \cos \theta \cdot (0,5 \cdot \sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)];$$

$$\theta = \pi \text{ болғанда: } M_\theta^1 = \frac{G \cdot R}{2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha} \cdot [1,5 \cdot \sin \alpha - (\pi - \alpha) \cdot (1 - \cos \alpha)];$$

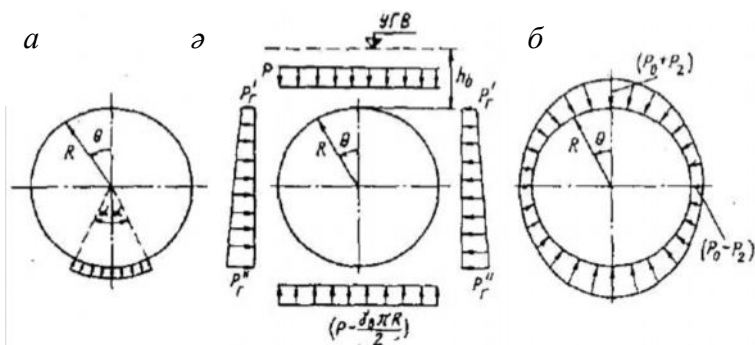
$$N_\theta^1 = \frac{G}{2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha} \cdot [\pi - 0,5 \cdot \sin \alpha - (\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha]; \quad (3.7)$$

мұндағы G – қаптама сақинасының (ені 1м) салмағы, кН;

R – қаптаманың осьтік сызығы бойынша радиусы, м;

θ – қарастырылып отырған қимадағы координаттық бұрышы (тік осьтен бастап есептеледі);

M_θ^1 және N_θ^1 – ені 1м қаптама сақинасына есептелген ішкі күштер (кН·м және кН).



3.7-сурет. Еркін деформацияланатын тубингтік конструкциялардың жүктелу схемалары

Қарастырылып отырған конструкция эксплуатация кезінде (3.7а-сурет) қосымша активтік тік жүктемені P (кН/м), ординаттары P'_Γ және P''_Γ (кН/м) трапеция бойынша таралған активтік жазық жүктемелерді, гидростатикалық судың немесе карс (көлемдік массасы ρ_B (кН/м³) пен күмбез төбесінен деңгейі h_B (м)) қысымын, жыныстық табанның реакциясын қабылдайды. Олар біркелкі таралған тік жүктеме $(P - \frac{\rho_B \cdot \pi \cdot R}{2})$, кН/м) түрінде есептеледі. Есептік схема (3.7б-сурет) $\theta = \pi$ қимасында жалған қысылған тұрақты қаттылығы бар серпінді сакина түрінде қарастырылады.

Бұл жағдайда M_θ^{11} және N_θ^{11} ішкі күштер координаттары θ қималарында тең болады:

$0 \leq \theta \leq \pi$ болғанда:

$$M_\theta^{11} = R^2 [P \cdot (0,25 - 0,5 \cdot \sin^2 \theta) + P_\Gamma \cdot (0,25 - 0,5 \cdot \cos^2 \theta)];$$

$$N_\theta^{11} = R (P \cdot \sin^2 \theta + P_\Gamma \cdot \cos^2 \theta). \quad (3.8)$$

Бұдан кейін эксплуатация және монтаждау кездеріндегі ішкі күштер қосындыланады:

$$\begin{aligned} M_{\theta} &= M_{\theta}^I + M_{\theta}^{II}; \\ N_{\theta} &= N_{\theta}^I + N_{\theta}^{II}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Қабылданған тюбингтік конструкциялар қималарының мықтылығы, қолданыстағы жобалау нормаларына сәйкес тексеріледі. Бұл үшін қабылданған тюбингтің (кесектің) есептік сипаттамалары қабылданады: сығылу (R_c) және иілгендегі созылуға (R_u) есептік кедергілері, қабырғасының қалыңдығы (δ), жұмыстың көлденең қимасының ауданы (F), нейтралдық оське қатысты жұмыс қимасының инерция моменті (I_{HT}), нейтралдық осьтен ішкі беттеріне дейінгі қашықтық (η_1), сыртқы беттеріне дейінгі (η_2), тюбингтік сақинаның ені b .

Ішкі контур үшін кедергі моменті мынаған тең:

$$W_B = \frac{I_{HT}}{\eta_1};$$

ал сыртқы контур үшін - $W_H = \frac{I_{HT}}{\eta_2}.$

Қауіпті қимадағы кернеулер:

$$R_1 = \frac{M_{\theta}}{W_B} + \frac{N_{\theta}}{F} \leq R_U; \quad R_2 = \frac{M_{\theta}}{W_H} + \frac{N_{\theta}}{F} \leq R_C. \quad (3.10)$$

Бұл жағдайда конструкция орнықты деп саналып, оның екі қимасында орнықтылық шарттары орындалса, онда конструкция дұрыс қабылданған.

4-негізгі есептік схема бойынша тік окпандардың тюбингтік конструкцияларын есептеу үшін Мәскеу Кен институтында И.В. Баклашов құрастырған есептеу әдістемесін қолдануға болады. Бұл жағдайда, жүктеме сынақ деректері немесе жұмыс гипотезалары негізінде беріледі. 3.7б-суретте көрсетілгендей, ол радиалды және таратылған түрде қабылданады:

$$P = P_0 + P_2 \cdot \cos 2\theta ; \quad (3.11)$$

мұнда

$$P_0 = (P_\omega + P_g)(1 + 0,5\omega) ; \quad (3.12)$$

$$P_2 = (P_\omega + P_g) \cdot 0,5\omega ; \quad (3.13)$$

P_ω – қарастырылып отырған тереңдіктегі жерасты

суларынан немесе қарыстарынан болатын
гидростатикалық жүктеме, МПа;

P_g – бекітпенің периметрі мен тау қысымынан болатын

жүктеменің орташа мөлшері, МПа;

ω – осы жүктеменің әркелкілік коэффициенті.

Конструкциядағы тангенциалдық нормальдық созушы кернеулерді σ_θ (МПа) оң деп қабылдап, мына теңдеулерді жазуға болады:

Ішкі контур үшін:

$$\sigma_\theta = -2P_0 \cdot \frac{k_1^2}{k_1^2 - 1} + 4 \cdot P_2 \cdot k_1^2 \cdot \frac{k_1^2 + 1}{(k_1^2 - 1)^2} \cdot \cos 2\theta ; \quad (3.14)$$

сыртқы контур үшін:

$$\sigma_\theta = -P_0 \cdot \frac{k_1^2 + 1}{k_1^2 - 1} - P_2 \cdot \left[1 + 8 \cdot \frac{k_1^2}{(k_1^2 - 1)^2} \right] \cdot \cos 2\theta ; \quad (3.15)$$

мұндағы $k_1 = \frac{R_1}{R_0}$; R_0 – ішкі контурдың есептік радиусы, м.

R_1 – сыртқы контурдың есептік радиусы, м.

(3.14) және (3.15) формулалары бойынша есептелген кернеулерді, қолданыстағы СНиП-тердің шарттарымен қабылданған қималарды тексеруге болады.

Мысал. Осы қорытындыларды пайдаланып, оқпанның шойын тубинг бекітпесін қарастырамыз. Бастапқы деректер: сәулелі диаметрі $2R_{\theta H} = 7$ м; қабылдайтын гидростатикалық және тау қысымдарының қосындысы $(P_\omega + P_D) = 0,5$ МПа; тау қысымының

біркелкі еместік коэффициенті $\omega=0,04$. Тюбингтер СЧ-21-40 шойыннан жасалған, оның иілгендегі сығылуға есептік кедергісі $R_c = 180$ МПа, ал созылғандағысы $R_u = 60$ МПа.

Қабылданған нормальдық І-сериялы тюбингтердің геометриялық сипаттамалары: қабырғасының қалыңдығы $\delta = 0,03$ м; тюбингтік сақинаның ені $h=1$ м; көлденең қимасының ауданы $F_{HT} = 568,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; нейтральдық оське қатысты жұмыс қимасының инерциялық моменті $I_{HT} = 392,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$; нейтральдық осьтен, ішкі бетіне дейінгі қашықтық $\eta_1=0,193$ м, сыртқы бетіне дейінгі қашықтығы $\eta_2=0,077$ м.

Есептеулердің мықтылық елеуішіне, тюбингтік бекітпенің сыртына толтырылған тампонаждық бетонның жұмысқа қабілеттілігін ескермейміз.

Алдын ала (3.12) және (3.13) формулаларымен берілген қысымның параметрлерін есептейміз:

$$P_0 = 0,51 \text{ МПа}; \quad P_2 = 0,01 \text{ МПа}.$$

Конструкцияның есептік геометриялық сипаттамаларын анықтаймыз:

$$R_0 = R_{BH} + \eta_1 - \frac{F_{HT}}{2h} = 3,66 \text{ м}; \quad R_1 = R_0 + \frac{F_{HT}}{h} = 3,72 \text{ м}. \quad k_1 = \frac{R_1}{R_0} = 1,015.$$

Осыдан кейін, (3.14) формуласы бойынша бекітпенің ішкі контурының $\theta = 0$, $\theta = \frac{\pi}{2}$ координаттарындағы кернеулерді анықтап (3.76-сурет), мықтылық шарттарына тексереміз:

$$\sigma_{\theta=0} = 57,8 \text{ МПа} < R_U = 60 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\theta=\frac{\pi}{2}} = 127,8 \text{ МПа} < R_c = 180 \text{ МПа}.$$

(3.15) формуласы бойынша бекітпенің сыртқы контурының $\theta = 0$; $\theta = \frac{\pi}{2}$ координаттарындағы кернеулерді анықтап, оны да мықтылық шарттарына тексереміз:

$$|\sigma_{\theta=0}| = 126,2 \text{ МПа} < R_c = 180 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\theta=\frac{\pi}{2}} = 57,2 \text{ МПа} < R_U = 60 \text{ МПа}.$$

Сонымен, есептеулер көрсеткендей, қабылданған қималардың мөлшерлері тубингтік конструкцияның мықтылығын қамтамасыз етеді.

Тәжірибелік жұмыстарға тапсырма

Берілген деректер бойынша тубингтік немесе кесектік конструкцияларды тандап алып есептеп, тубингтік сақинаның қималарындағы ішкі күштердің эпюраларын тұрғызыңыз. Бастапқы деректерді 3.4-кестеден, ал тубингтер немесе кесектердің параметрлерін 3.5, 3.6-кестелерінен алыңыз. Шахтаспецстрой шойын тубингісінің конструкциясы 3.8-суретте келтірілген.

Есептеулерді “К-78” (тубинг) және “К-72” (кесек) компьютерлік бағдарламаларымен де жүргізуге болады.

3.4-кесте

Бастапқы деректер

Вариант нөмірлері	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ϕ , м	5,5	4,0	4,5	7,0	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0	5,5	8,0
P, МПа	0,4	0,45	0,5	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3
P _Г , МПа	0,2	0,2	0,25	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1

3.5-кесте

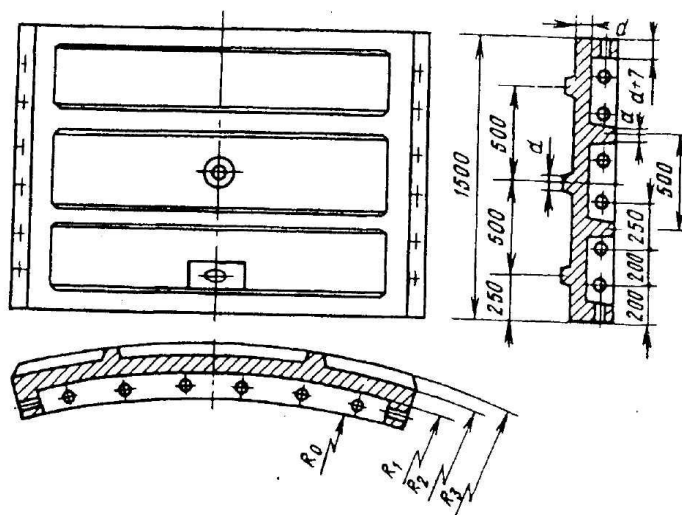
Шахтаспецстрой шойын тубингтерінің параметрлері

δ , мм	M, кг	F, м ² х10 ⁴	I, м ⁴ х10 ⁶	W ₁ , м ³ х10 ⁴	W ₂ , м ³ х10
20	745	454	94,0	16,12	6,6
30	1050	671	148,3	22,93	10,2
40	1350	889	213,2	30,02	14,3
50	1656	1670	290,3	37,51	19,0
60	198	1324	381,0	45,50	24,4
80	2540	1759	609,5	62,20	37,3

3.5-кестенің жалғасы

Тюбинг сақинасының диаметрі, м	4,0	4,5	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0	9,0
Сақинадағы түбинг саны, дана	8	9	10	11	13	14	15	17

Ескертулер. δ – тубинг арқасының қалыңдығы; M – бір тубингтің массасы; F – тубинг көлденең қимасының ауданы; I – жұмыс қимасының момент инерциясы; W_1 – тубингтің ішкі контурының кедергі моменті; W_2 – тубингтің сыртқы контурының кедергі моменті.



3.8-сурет. Шахтаспецстройдың шойын тубингінің конструкциясы

Тюбингтің сығылуға мықтылығы $R_{сж}=180$ МПа; созылуға мықтылығы $R_p=60$ МПа.

3.6-кесте

ВНИИОМШС-тың темірбетон тубингтерінің параметрлері

Сақина диаметрі, мм	Сақина- дағы тубингтер саны, дана	M, кг	F, м ² ×10 ⁴	I, м ⁴ ×10 ⁶	W ₁ , м ³ ×10 ⁴	W ₂ , м ³ ×10	R _{сж} , МПа	R _р , МПа
4,5	7	1090	1780	315	15,3	39,4	25	10
5,0	8	1150	1900	430	18,6	52,3	25	10
5,5	8	1250	1900	430	18,6	52,3	25	10
6,0	9	1240	1900	430	18,6	52,3	25	10
6,5	9	1325	1900	430	18,6	52,3	25	10
7,5	10	1540	2100	720	25,8	81,8	25	10
8,0	11	1500	2100	720	25,8	81,8	25	10
4,5	9,5	1200	1800	-	16,7	40,8	22	8
5,5	10,5	1200	1800	-	16,7	40,8	22	8
6,0	11,5	1200	1800	-	16,7	40,8	22	8
7,0	10	1450	2100	720	25,8	81,8	25	10

3.7-кесте

Бетон кесектерінің параметрлері

Сақина диаметрі, м	Сақинадағы кесектердің саны, дана	δ , м	M, кг
4,0	17	0,3	540
		0,4	720
		0,5	900
4,5	19	0,4	720
5,0	21	0,4	720
5,5	23	0,4	720
6,0	25	0,4	720
6,5	27	0,4	720
7,0	29	0,4	720
7,5	31	0,4	720
8,0	33	0,3	540
		0,4	720
		0,5	900

Ескерту. Кесектер В25, В_т 2,0 класстардағы (300 маркалы) бетондардан дайындалады. Бірінші топтағы шекті жағдайдағы есептік кедергі $\sigma_{сж}=14,5$ МПа; $\sigma_p=1,55$ МПа немесе В30, В_т 4,4 (400 маркалы) бетондар үшін – $\sigma_{сж}=17,0$ МПа; $\sigma_p=1,85$ МПа. Блоктың ұзындығы 0,75 м, ені – 1,0 м.

Бақылау сұрақтары

1. Метрополитен ғимараттарын жерасты әдісімен жүргізген кездегі олардың конструкциялары, қаптамалардың түрлері?
2. Өтпелі тоннельдердің келешегі бар тұтас бетон конструкциясы, оның артықшылықтары?
3. Метрополитен нысандары құрылысында ең көп қолданылатын инженерлік конструкциялар, олардың қолдану аймақтары?
4. Шойын тубинг қаптамасының конструкциясын талдаңыз.
5. Шойын тубингтердің бүйір биіктігі, арқасының қалыңдығы қалай анықталады?
6. Метрополитен, теміржол және автожол тоннельдерінде кейінгі кезде қандай құрастырмалы қаптамалар қолданылуда, мысал келтіріңіз?
7. Алдын ала, кернеулі құрастырмалы қаптамалардың артықшылықтары, қандай конструктивтік шешімдері барын талдаңыз.
8. Метрополитен құрылысы тәжірибесіндегі таралған станциялардың құрастырмалы конструкциялары мен пилондық типтегі конструкцияны талдаңыз.
9. Шойын тубингті қаптамалары бар колонналық типтегі станциялардың конструкциясын талдаңыз.
10. Ашық әдіспен салынған метрополитен ғимараттарының конструкциялары?
11. Алматы метрополитен ғимараттарының негізгі конструкциялары, олардың өлшемдері?
12. Алматы метрополитені ғимараттарының антисейсмикалық

- күшейту шаралары туралы мысалдар келтіріңіз.
13. Біркелкі жыныстарда диаметрі 5,5 м метро тоннельдерін салғанда болатын нормативтік тік жүктеме (q^H) мен артық жүктеме коэффициентінің (K_n) мөлшерлері қалай анықталады?
 14. Метро тоннелі үстіндегі біркелкі жыныстың қалыңдығы оның сыртқы диаметрінен кем болғанда, нормативтік тік жүктеме қалай анықталады?
 15. Метро тоннелінің қаптамаларына тау қысымынан болатын нормативтік жазық жүктеменің (P^H) мөлшерін анықтау жолы?
 16. Метроның тасымал тоннельдері мен станцияларын ашық әдіспен салған кездегі тік және жазық жүктемелер қалай анықталады?
 17. Метрополитен бекітпелері конструкцияларының өз салмағынан болатын сейсмикалық инерциялық жүктемені анықтау жолдары?
 18. Метроның құрастырмалы тубингтік конструкциясын есептеудің әдістемелік жолдары?

4. ЖЕРАСТЫ ҒИМАРАТТАРЫН, ҚАЛҚАНДЫ ҚОЛДАНЫП САЛУ

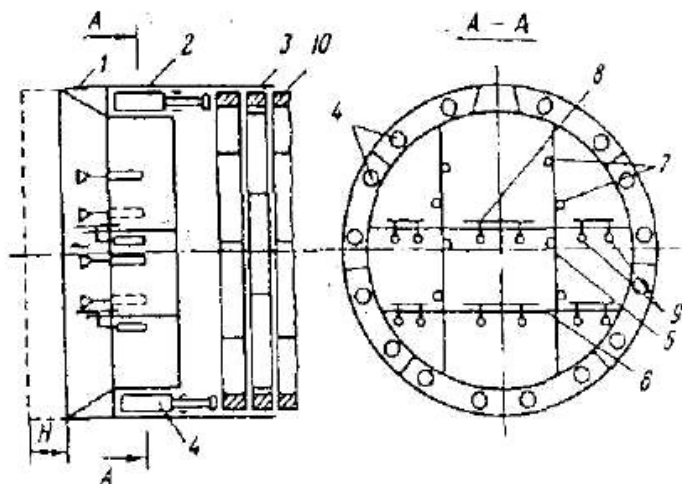
4.1. Қалқандық тәсілдің мәні

Жерасты ғимараттарын қалқанды қолданып салудың мәні – жыныстарды қазып-тиеу, тұрақты бекітпені (қаптаманы) тұрғызу сияқты негізгі жұмыстар, қазба кенжарында (забойында) орналасқан және жыныстарды алу барысында ол жылжып отыратын уақытша металл қабыршақтың (қалқанның) панасында жүргізіледі [9].

Жерасты ғимараттары трассасында әсіресе геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлар айрықша өзгергенде, орнықсыз және қопсыған сусымалы жыныстар, күрделі тосу қысымы мен үлкен су ағыны болғанда, осы қалқанды тәсіл қолданылады. Сонымен бірге, қалалық ғимараттар жағдайында жерасты қазба жұмыстарын жүргізгенде, жер бетінің отыруын толығынан болғызбау үшін де негізінде қалқанды тәсіл қолданылады. Яғни, бұл тәсіл метрополитен тоннельдерін және қалалық коммуналдық жүйелерді жүргізген кезде де пайдаланылады.

Бірінші рет қалқанды тәсіл 1825 жылы Лондон қаласындағы Темза өзенінің астынан тоннель жүргізген кезде, инженер М.Брюнельдің ұсынысымен қолданылды. Бұрынғы ССРО-да 1934 жылы Мәскеуде метрополитен тоннельдерінің құрылысында қолданылды. Қалқанның көлденең қимасының пішіні қазбаның пішініне байланысты дөңгелек, эллипстік, таға тәрізді және төртбұрышты болуы мүмкін. Олардың ішінде ең көп таралғаны – дөңгелек пішінді қалқандар.

Қалқандардың конструктивтік шешімдері әр түрлі болғанымен, олардың схемаларында мынадай негізгі бөлшектерін екшелеуге болады (4.1-сурет): 1 – пышақтық сақина; 2 – демеуші сақина, 3 – артқы бөлімі; 5 – тік және 6 – жазық бөлуші қабырғалар [10].



4.1-сурет. Ұңғымалық қалқанның схемасы

Пышақтық сақина жұмсақ, әрі сусымалы жыныстарды жарым-жарты кесуге және жыныстардың опырылуынан қорғауға жұмыс істейді.

Таужыныстарын қазып алуды, осы пышақтық сақинаның панасында жүргізеді. Пышақтық сақинаға тікелей тірелетін демеулік сақина – қалқанның негізгі көтеруші конструкциясы және қалқандық гидравликалық домкраттарын (4), құбырлар мен қалқанның қозғалуын басқаратын пульт орналастыруға қызмет етеді.

Қалқанның артқы жағына тұрақты бекітпе (қаптаманы) 10 тұрғызады. Қалқанның жылжуы мен массивке сығымдалуы, жұмсақ жыныстарда, қалқандық гидравликалық домкраттардың көмегімен атқарылады. Диаметрі 2 м дейінгі қалқандарда бөлуші қабырғалар болмайды. Өлшемдері үлкен қалқандарды олардың қаттылығы мен мықтылығын көбейту үшін, оларға бірнеше жазық және тік бөлуші қабырғалар орнатылады.

Жазық және тік бөлуші қабырғалар, қалқанның қимасын тәуелсіз жұмыс аймақтарына бөледі. Олар бүкіл кенжар бойынша тау-құрылыстық жұмыстардың ыңғайлылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Қажетті жағдайларда қазба кенжарын бекітпелеу, забойлық домкраттармен (7) атқарылады. Бөлуші қабырғаларда жылжымалы платформаларды да (8) гидродомкраттарымен (9) орнатады, олардан қалқанның жұмыс аймақтарында жыныстарды қазады.

Қалқанның алға жылжуы былай орындалады. Пышақтық сақинаның алдындағы жынысты (Н) енбе тереңдігіне дейін қазып алғаннан соң, қалқанның гидравликалық домкраттарын (4) қосады. Олардың штоктары бекітпенің қозғалмайтын сақинасына (10) тіреледі де, қалқан алға қарай бос алаңға жылжиды. Қалқан жылжыған кезде, қазбаның контуры бойынша оның пышақтық бөлімі мен жыныс жартылай кесіліп алынады.

Қалқан жаңа енбеге жылжығаннан кейін, қалқандық гидродомкраттардың штоктары өздерінің бастапқы орындарына тартылып алынады. Осыдан кейін, артқы бөлімінің қабыршығының панасында құрастырмалы темірбетон элементтерінен тұратын тұрақты (қаптаманы) немесе монолиттік бетон бекітпені тұрғызады. Бірінші жағдайда, қалқанның сырт шегіндегі қаптаманың сыртына, тампонаждық ерітінділерді тығындап айдайды.

Ұңғымалық қалқандардың негізгі геометриялық параметрлеріне жататындар: қалқанның қабыршағының сыртқы диаметрі $D_{ш}$, оның ұзындығы $L_{ш}$ және маневрлік коэффициенті K_m , ол оның толық ұзындығының диаметріне қатынасына тең

болады, $K_m = \frac{L_{ш}}{D_{ш}}$. Диаметрі 2,1-3,2 м қалқандар үшін

маневрлік коэффициент 1,6-1,4 құрайды, диаметрі 4-5 қалқандар үшін – 1,2-0,8, үлкен диаметрлі қалқандар үшін – 0,75-0,4. Маневрлік коэффициент үлкейгенде, бұрылу иіндерінің радиусы кішкене қазбаларды жүргізгенде, қалқанды басқару қиындай түседі.

Қабыршақтың сыртқы диаметрі қалқанның артқы жағының ішінде тұрғызылатын тоннель қаптамасының сыртқы диаметріне (d_n), құрылыстық саңылауға, қалқан қабыршағының қалыңдығына (δ) тәуелді болады. Отандық және шетелдік тәжірибеде құрылыстық саңылаудың орташа мөлшерін, қаптаманың сыртқы диаметрінің 0,8% жақындатып қабылдайды.

Сонымен,

$$D_{щ} = d_n + e + 2\delta = 1,008d_n + 2\delta. \quad (4.1)$$

Қалқанның қабықшасын болат табақтан дайындайды, оның қалыңдығын жыныстардың біркелкі қысымына байланысты мықтылық шартымен есептеп анықтайды. Бұдан басқа, қалқанның қабыршағы жыныстармен екі ортадағы механикалық үйкелістен болатын қажалуға қарсы тұруы тиіс. Қабыршақтың қалыңдығы кіші диаметрлі қалқандарда (6), ал үлкен диаметрлі қалқандарда 60 мм-ге дейін өзгереді.

Қалқанның үсті бойынша толық ұзындығы:

$$L_{щ} = L_n + L_{оп.к} + L_{об}, м; \quad (4.2)$$

мұндағы L_n – пышақтық сақинаның ені, ол жыныстардың орнықтылығына тәуелді.

Ұстамды жыныстарда оның мөлшері, ұңғымалардың жұмыстарының ыңғайлы және қауіпсіз болуын қамтамасыз етуге жеткілікті болуы тиіс. Орташа өлшемді қалқандарда ол 1-ден 1,2 м дейін өзгереді. Ал сусымалы жыныстарда қазба жүргізгенде пышақтық бөлімнің ұзындығы, бекітілмеген кенжардағы жыныстардың опырылу бұрышының мөлшерімен түзетіледі.

$L_{оп.к}$ – демеуші сақинаның ені, әлбетте қалқандық домкраттың жұмыстық жолының екі еселенген мөлшеріне тең қабылданады. Қалқандық домкраттың қадам жолы – қаптама сақинасының еніне (b) тең қабылданады, яғни $L_{оп.к} = 2 \cdot b$;

$L_{об}$ – қалқанның (қабыршақтың) артқы бөлімінің ені;

$$L_{об} = l_1 + l_2 + l_3; \quad (4.3)$$

l_1 – қаптама жабындысының мөлшері, орнықты жыныстарда қазба жүргізгенде, қаптама сақинасының мөлшерінен аздап артық немесе орнықсыз жыныстарда – екі сақинаның еніне тең қабылданады, яғни $l_1 = (1,2 \div 2,2)b$;

l_2 – домкраттың демеуші тіреуі мен қаптаманың бүйір жазықтығы арасындағы бос кеңістіктің ені, 0,15-0,2 м;

l_3 – гидродомкраттың конструктивтік элементтерінің ұзындығы, 0,4-тен 0,7 м-ге дейін өзгереді.

4.2. Қалқандардың жіктелімі

Қазбалық қалқандарды қолданылу аймағына және тоннель құрылысының тау-геологиялық жағдайына, салынып жатқан тоннельдің арналу орнына, жүргізілетін қазбаның көлденең қимасының мөлшеріне қарай жіктеледі. Ал кенжарды (забойды) қазу, жыныстарды тасу, бекітпелердің механикаландыру деңгейіне және жынысты қазудағы орындаушы құралдың түріне, жылжу тәсіліне қарай жіктеуге болады.

Қазбалық қалқандарды мынадай негізгі белгілері бойынша жіктелмеген жөн [9, 10].

Жүргізілетін қазбалардың көлденең қимасының ауданы бойынша қалқандарды кіші диаметрлі (3,2 м дейін), орташа диаметрлі (3,2-ден 5,2 дейін) және үлкен диаметрлі (5,2-ден артық) деп айыруға болады.

Кіші және орташа диаметрлі қалқандарда негізінен, қалалар мен өнеркәсіп орындарындағы әр түрлі мақсаттағы коллекторлік тоннельдер мен гидротехникалық тоннельдер құрылыстарында қолданады. Сонымен бірге, орташа диаметрлі қалқандарды – кеніштер мен шахталарда тау қазбаларын әлсіз, орнықсыз жыныстарда жүргізгенде қолданады. Үлкен диаметрлі (11,2 м дейін) қалқандар – әр түрлі көліктік, арнайы тоннельдердің, метроның өтпелі және станциялық тоннельдерінің құрылыстарында қолданылып жүр.

Қолданыс аймағы бойынша тоннельдерді салуда, қалқандарды былай айырады: сусымалы және өте орнықсыз

құмды жыныстарда; бекемдік коэффициенті $f=0,5$ -тен $f=5$ дейінгі жыныстарда; $f>5$ жыныстарда; су басқан жыныстарда, бұл кезде қалқанның конструкциясына әсер ететін арнайы тәсілдерді қолдану керек болады (бас жағы жабық, қалқанның алдыңғы жағындағы сығымдалған ауасы бар кессон аймағы және адамдардың бұл жерден тыс болуын қамтамасыз ететін, т. б.).

Негізгі жұмыс үрдістерін механикаландыру дәрежесі бойынша конструктивтік жағына қарай қазбалық қалқандар – механикаландырмаған, жартылай механикаландырылған және механикаландырылған болып бөлінеді.

Біркелкі тау-геологиялық жағдайларда механикаландырылған қазбалық қалқандарды қолданудың рационалдық экономикалық шекарасы деп, ұзындығы 400 м артық жазық қазбаларды санауға болады, 400 м дейінгісі – механикаландырмағанға жатады. Сонымен бірге, тәжірибеде кездескендей, диаметрі үлкен ұзын тоннельдерді кәдімгі қазбалық жабдықтарды қолдана отырып, механикаландырмаған қалқандармен жүргізуге болады. Ол, Алматы метрополитенінің жекелеген тоннельдерін жүргізгенде де пайдаланылады. Бұл жағдайда қалқан тек уақытша бекітпенің рөлін атқарады. Ал жыныстарды бұзып тиейтін және қаптаманы тұрғызатын жабдықтар, жеке-дара болып келеді.

4.3. Механикаландырылмаған қалқандар

Механикаландырылмаған қалқандар – ашық немесе жабық бас жақтарымен дайындалады. Яғни, қазбаның кенжары ашық қалдырылып немесе арнайы құралдар және құрылымдардың көмегімен бекітіледі.

Бас жақтары ашық болатын қалқандарды, тоннельдер құрылысында кездесетін әр түрлі тау-геологиялық жағдайларда қолданады. Соның ішінде әлсіз, орнықсыз жыныстарда. Бұл жағдайда қалқанның басты жағы, қатты алаңшалармен жасақталады. Олар кенжарды ярустарға бөледі де, сол ярустарға аздап төгілген жыныстар бөгеті, қалқанның іш жағына жыныстар массивінің өздігінен көптеп төгілуін болғызбайды. Басты жақтары жабық қалқандар – суланған сазды және құмдақ

жыныстарда арнайы қазу тәсілдерімен бірге, тоннельдерді салған кезде қолданылады. Мұндай конструкциялы қалқандарда тоннельдің кенжары шандорлық (суырмалы) бекітпе немесе арнайы диафрагмамен бекітіледі.

Жекеленген қалқандардың техникалық сипаттамалары 4.1-кестеде келтірілген [9].

4.1-кесте

Механикаландырылмаған қалқандар

Көрсеткіштер	Қалқандардың белгіленуі			
	ПЩ-2	ПЩ-2,5	ПЩ-3,2	ЩН-1
1	2	3	4	5
Қалқанның диаметрі, мм	2024	2584	3204	5624
Артқы жағының ішкі диаметрі, мм	2000	2560	3160	5560
Қалқанның ұзындығы, мм	2795	3450	4092	5135
Жұмыс алаңшаларындағы ярус саны	-	-	1	1
Конвейердің типі	-	Сырма	Таспа	-
Өнімділігі, м³/мин	-	0,30	0,50	-
Бекітпе типі	Канатты	Канатты	Рычагты	-
Жүк көтергіштігі, Н	2000	5000	8000	-
Қалқандық домкраттар, саны	16	18	16	19
Жалпы тах күші, кН	1840	7200	9600	19000
1 м келетін күш (пышақ қырының), кН/м	290	900	960	1070
Жүрісі, мм	420	900	870	1200
Құрастырмалы бекітпе сақинасының ені, мм	300	700	750	1000
Қалқанның массасы, т	6	11,8	27	102
Қалқанға орнатылған двигательдердің қуаты, кВт	7	18	40	34
Жайлы тау-геологиялық жағдайдағы тоннель құрылысының техникалық жылдамдығы мен өнімділігі, м/ауысым	2,1	1,6	1,9	2,0
м³/ауысым	5,9	8,5	15,0	50,0

Механикаландырылмаған қалқандарда барлық жұмыстар (соның ішінде бекітпелеу де), жылжытудан басқасы қолмен немесе қалқанның өзінде орнатылмаған жеке-дара жабдықтармен орындалады.

Жартылай механикаландырған қалқандарға – кенжарды копаратын арнайы органы болмайтын кешендерді жатқызады. Бұл қалқандарда жыныстарды қазып-копару (кесіп өтетін жыныстардың құрылымы мен беріктігіне байланысты) жұмыстары қол құралдарымен, уатқыш балға, бұрғылау-аттыру тәсілімен немесе қалқанның пышақтық сакинасының элементтерін жыныс массивіне қысымдай кіргізу арқылы жүргізіледі. Барлық басқа қазбалық операциялар қалқанның конструктивтік құрылымына қарай, механикаландырудың түрлі деңгейінде болады.

Егер кенжардағы жыныстарды бұзу әр түрлі типтегі жұмыстық атқару бөлшектерімен орындалатын болса, онда қалқандар механикаландырылған деп саналады. Сонымен бірге, қазбалық циклдің басқа да негізгі операциялары толығынан механикаландырылады.

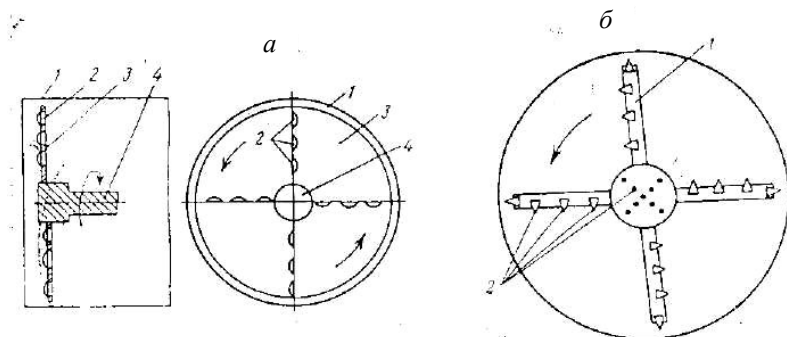
Кенжардағы жыныстарды қазатын атқару бөлшегінің типіне байланысты, тоннельдер құрылысының тәжірибесінде ең көп таралғаны – механикаландырылған қалқандар. Атқару бөлшектерінің мынадай жұмыс типтері кездеседі: роторлық, планетарлық, әрекет-қимылы таңдамалық, теңселмелік, құранды алаңдар.

4.4. Роторлық атқару бөлшегі бар қалқандар

Атқару бөлшегі роторлық типті қалқандар – ең жан-жақты болып келеді. Себебі, олармен жасақталған қалқандар қандайда болмасын, тау-геологиялық жағдайларда тоннельдер жүргізуге өте ыңғайлы. Олар суланған құмдақ жыныстардан бастап, жартасты жыныстарға дейін, шарлы-қашау құралдарымен бұзылады.

Роторлық типті атқару бөлшектер (4.2-сурет) бұзылған жыныстар шығатын саңылаулары (а) бар жайпақ планшайба

(әлек) болып келеді. Оның кенжар жағындағы винттік беті болады да, радиалдық қалақшаларымен оларға кескіштер (ә) бекітіледі және құрамалық түрлері болып келеді.



4.2-сурет. Роторлық атқару органның схемасы
а) планшайбалы; б) радиалды қалақшалы

Әлсіз жыныстарда тоннель құрылысын жүргізгенде, атқару органы винттік планшайба болатын құрамды пайдалану, ең тиімді деп саналады. Себебі, бұл жағдайда кенжарды опырылып түсуден сақтауға болады. Әрқашан ротордың жұмыс бетінің барлық нүктелері түйісіп, осылайша жыныстардың опырылып түсуін болғызбайды.

Жайпақ немесе винттік планшайбалы атқару бөлшектерінің пластикалық кескіштері болады. Роторлық атқару бөлшектердің радиалдық қалақшаларының саны – 2-ден 8-ге дейін, ал қалақшалардағы кескіштердің саны – 3-тен 18-ге дейін өзгереді.

Қазір дүниежүзілік тәжірибеде әр түрлі конструкциялы шарлы қашаулармен жасақталған роторлық әрекетті атқару бөлшектері кеңінен қолданылуда. Роторлық атқару бөлшектерінің айналу жиілігі тұрақты және реттеулі болуы мүмкін.

Ротордың орталық бөлімі – негізінен кескіштермен жасақталған бас бұрғы болып келеді. Ол тоннельді белгіленген бағытта жүргізуді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, жиектеуші

кескіші (кескіштері) болады, олардың орналасу диаметрі қалқан диаметрінен сәл үлкендеу, ол қазба контуры (жиегі) бойынша жыныстарды қазу үшін қолданылады. Сонымен қатар, қалқанның пышақтық жиегін сынудан сақтауды қамтамасыз етіп, бүйір беттерінің үйкелісін азайтады да, қалқанды жылжытуды жеңілдетеді.

Роторлық типтегі атқару бөлшектермен ПЦМ, ШН-1, ММЦ-1, «Киевтік», ЦМР және басқада қалқандарымен қатар, көптеген шетелдік фирмалардың қалқандары да бар.

Роторлық әрекетті қалқандардың басқа, атқару бөлшектермен жабдықталған қалқандардан біраз артықшылықтары бар: кеңірек қолданылатын аймағы, керек болған жағдайда кенжарды жауып қою мүмкіндігі, кенжарға тоқтаусыз іс-әрекет жасауы, жыныс жонбасының оптимальдық қалыңдығын алу үшін ротордың айналу жиілігі мен алға итеруді реттеу мүмкіндігі, кенжардың барлық қимасы бойынша жыныстарды тұтасымен бұзуы және тоннельдер құрылысының жоғары жылдамдығы.

Сонымен қатар, бұл қалқандардың біраз кемшіліктері де бар: атқару бөлшектерінің күрделілігі, оның үлкен массасы; құралдарды жылдам ауыстыру қиыншылығы; қалқанның ішкі кеңістігінің тым көп дәрежеде толтырылуы, қалқанды шолып көру қиындығы немесе мүмкін болмауы; атқару бөлшегі двигательдерінің жоғары қуаттылығы. Сонымен бірге, айналу моменті мен қысым күшінің жоғарылығы; реактивтік моменттің болуы, қалқанды ұзынабойлық осі бойында айналдыруға тырысуы; шахталар мен кеніштер жағдайларында қазбалар жүргізген кезде, кенжарды бөлектеп бұзу мүмкіндігінің болмауы.

Роторлық атқару бөлшегі бар қалқандардың диаметрлері 2,1–11,2 м болып дайындалады. Кескіш құралмен жасақталған осындай қалқандардың пайдалану аймағында жыныстардың бекемдігі $f=0,5$ -тен $f<6$ дейін өзгереді, ал құралдары шарлы қашау болғанда, $f>5$ дейін. Планшайбасы жайпақ немесе винттік қалқандар бекемдігі $f=0,5$ –1,2 болатын құмдарда,

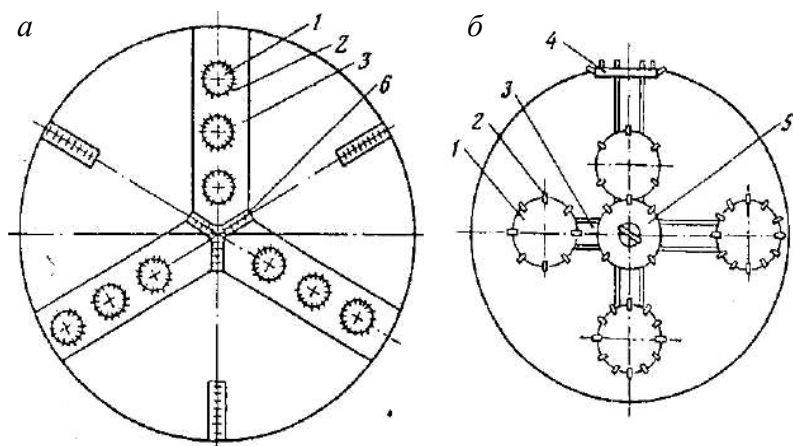
орнықты сары топырақтарда (лесстарда), құмайтты, саздақты жыныстарда тоннельдер құрылысын жүргізуге арналған.

Роторлық атқару бөлшегі бар жекелеген қалқандардың техникалық сипаттамалары 4.2-кестеде келтірілген.

4.5. Планетарлық әрекет-қимылды атқару бөлшегі бар қалқандар

Құрғақ тығыз саздақтарда, саздарда, мергельдерде және сазды тақтатастарда тоннельдер жүргізуге планетарлық әрекет-қимылды қалқандар пайдаланылады.

Планетарлық әрекет-қимылды атқару бөлшегінде (4.3-сурет) жыныстарды бұзатын құралдар (2), әрқайсысы өз осьтерінде айналып тұратын табақшаларға (1) бекітілген.



4.3-сурет. Планетарлық әрекет-қимылды қалқанның атқару бөлшегінің схемасы

a – 9 табақшалы; *б* – 5 табақшалы

Бұл әр табақшалар жүргізушіге (водаға), (3) бекітілген, ол қалқанның орталық белдігінде айналады. Қалқан осінің бойымен кенжарға қарай жүргізгіштер жылжып, табақшалар өз

осьтерінде айналғанда, оларға бекітілген кескіштер кенжарға қатысты күрделі планетарлық қозғалыс жасайды. Атқару органы кенжардың бүкіл беті бойынша жыныстарды қопарып немесе концентрлік саңылауларды кесіп жасайды. Ал олардың арасындағы тұтас жыныс белдіктері, сынып түседі.

Кенжардың орта бөлімі орталық табақша (5) немесе бас бұрғымен (6) бұзылып құлатылады. Кенжардың контуры жиектеуші табақшаның (4) кескіштерімен жасалып, орны арнайы құрылыммен реттеледі.

Планетарлық атқару бөлшегі бар қалқандар негізінен, метрополитеннің өтпелі тоннельдерінің құрылысы үшін қолданылады. Қалқандардың қолданыс аймағы, бұзушы құралдың қолдану аймағымен анықталады. Табақшаларға өзектік кескіштерді орнатқан кезде, бекемдік коэффициенті ($f < 3$) болатын жыныстарды бұзып қопаруға болады, ол құрыш қорытпалы жетілдірген кескіштерді орнатқанда – $f < 6$ дейін.

Табақшалардың саны 2-ден 6-ға дейін өзгереді, ал табақшалардағы кескіштердің саны – 6-дан 18-ге дейін. 2 табақшалық қалқандар Мәскеулік 105М, Киевтік 105К және двигателінің қуаты көбірек, Тбилисиклік 105Т қалқандарымен жабдықталған. Төртбағытты жүргізушісі және алты табақшасы бар, Ленинградтық деп аталатын Л-1 қалқаны, метрополитен құрылысында кеңінен таралған. Табақшалар құрыш қорытпалы кескіштермен арқауланған. Жүргізгіш пен табақшалар, қарама-қарсы жақтарға айналады.

Роторлық атқару бөлшегі бар қалқандар

№	Көрсеткіштер	Қалқандар комплекстер – белгіленуі									
		ПШМ-2.1 ҚШ-2.1Б	ПШМ-2.6 ҚШ-2.6Б	ПШМ-3.2 ҚШ-3.2БР	ПШ-1М ҚМ-24М	Киевтік	ШМР ҚМ-24-0	Англия	АҚШ	Жапония	
1	Қалқанның диаметрі, мм	2024	2584	3204	5624	5670	5640	3840 5180	2500 5490	6970	
2	Артынан ішкі диаметр, мм	2000	2560	3160	5560	5560	5560	—	—	—	
3	Қалқанның ұзындығы, мм	2795	3450	4092	5135	4500	5390	2240	3530	7145	
4	Қазатын жаныстардың бөкемдік коэффициенті (f)	0,5-1,2	0,5-3,0	0,5-3,0	0,5-3,0	0,5-3,0	0,5-3,0	—	—	—	
5	Атқару бөлшегінің жылжу мөлшері, мм	78	78	450	500	100	500	—	—	—	
6	Қалқанға орнатылған қозғалтқыштың қуаты, кВт	22	48,5	180	400	90	393	55/205	60	412	
7	Техникалық қазу жылдамдығы: м³/ауыс м²/ауыс	7,2 25,4	7,2 38,7	7,3 58,0	2,3 58,0	3,8 98,0	5,8 148	—	—	—	
8	Қалқандық домкраттар: саны	12	15	12	16	20	16	20	/29	20	
	жылжу максималды күші, МН	2,4	6	6,8	16	11,2	16	3,6	11,2/34,5	30	
	қапқан пышақ жиегінің 1 м күштері, МН/м	0,36	0,73	0,68	0,9	0,63	0,91	0,3	1,43/2	1,35	
9	Бекітпе сақинасының ені, мм	700	700	800	1000	1000	1000	—	—	—	
10	Қалқанның массасы, т	16,8	21,7	36,6	178	132	193	48,4	/93	—	
11	Тиеу органының типі	Ротордағы күрекшелер									
12	Конвейер (науа): түрі	Сырма	Таспа	Сырма	Ротордағы шөміш	Ротордағы күрекшелер	Күрек	Шөміш	Күрек	Шөміш	
		0,3	0,3	1,5	1,7	2	Таспа	Таспа	Таспа	Таспа	
13	Бекітпе қалауыштың типі	Рычагы			Сақиналы			Жеке платформа			
		Рычагы									
		—									

Бекемдігі $f=0,8:2$ арасындағы кембрийлік саздарда жұмыс істеген қалқандардың кезінде метрополитеннің өтпелі тоннельдерін жүргізудегі орташа жылдамдығы 220 м/ай, ал ең үлкен жылдамдығы – 320 м/ай болады. Бірақта, осы күнгі тоннель құрылысының деңгейі, бұдан жоғары сапалық көрсеткіштерді талап етеді.

Яснویتск машинажасау зауыты КТ1-5,6 қалқандық комплексті жасап шығарды. Оның атқару бөлшегі жетекшісінің әрқайсысының қуаттылығы 100 кВт екі электр двигателімен жасақталған. Атқару органының алты табакшасы бар. Бұл КТ1-5,6 қалқандық комплексінің Л-1 қалқанына қарағанда айтарлықтай үлкен, өнімділік көрсеткіштері де жоғары.

Шетелдік қондырғылардың ішінде “Демаг АГ” фирмасының қалқанына назар аударалық. Жоғарыда айтылған кейбір қалқандардың техникалық сипаттамалары 4.3-кестеде келтірілген.

4.6. Теңселгіш атқару бөлшегі бар қалқандар

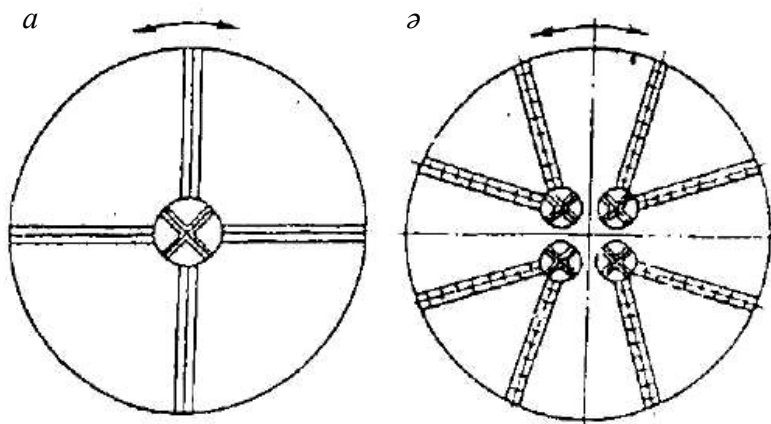
Теңселгіш атқару бөлшегі бар қалқандардың негізгі артықшылығына – олардың ұңғылау орны конструкциясының қарапайымдылығы жатады. Осыған байланысты қалқанда жабдықтарды орнатуға керекті бос кеңістіктер бар, ол адамдардың жайлы жұмыс істеуіне орай жасалған. Реактивтік моменттің кезегімен бір немесе басқа жағына әрекет жасауы, қалқанның өз осінің айналасында айналуына қарсы, қосымша шаралар болғызбайды. Атқару бөлшегін бұзатын аспаптың қандай түрімен жасақталуына байланысты, қалқандар беріктігі $f=0,5:6$ дейінгі жыныстарда жұмыс істеуіне болады. Атқару бөлшегінің теңселу қозғалысы, көбіне гидравликалық домкраттармен қамтамасыз етіледі.

Планетарлық атқару органдары бар қалқандар

№	Көрсеткіштер	Қалқанның белгіленуі			
		105Т	Л-1	ПЩМ-5,6 КТ1-5,6	«Демаг» ФРГ
1	2	3	4	5	6
1	Қалқанның диаметрі, мм	5600	5660	5630	5740
2	Қалқанның ұзындығы, мм	5335	5720	5550	д/ж
3	Табақшалардың жалпы саны	2	6	6	9
4	Атқару бөлшегінің алға жылжу мөлшері, мм	500	575	550	1000
5	Конвейер: типі өнімділігі, м³/мин	Таспалы 2	Таспалы 2	Таспалы 3,5	д/ж -
6	Қалқандық домкраттар: саны	16	24	19	22
	Жалпы тах күші, МН	16	13,4	19	41
	Қалқанның пышақтық жиегінің 1 м келетін күштер, кН/м	910	756	1073	2280
	Жүрісі, мм	1200	1200	1200	800
	Құрастырмалы бекітпе сақинасының ені, мм	1000	1000	1000	700
8	Қалқанның массасы, т	230	240	156	д/ж
9	Қалқанға орнатылған двигателдердің қуаты, кВт	220	120	270	280
10	Жайлы тау-геологиялық жағдайдағы тоннель құрылысының техникалық жылдамдығы:				
	м/ауысым м³/ауысым	1,6 39,4	4,0 100,8	5,3 131	5,0 130

Теңселгіш атқару бөлшектері бір-бірінен секторлар мен шұғылалардың (лучтердің) санымен айырылып, одан тербеліс бұрышы анықталады. Сонымен қатар белдіктердің саны, жұмыс алаңының қалқан осіне еңкею бұрышы, бұзу аспаптары және жүргізетін орындарымен ерекше танылады.

Атқару бөлшектері тұтас конструкция болып келуі және (4.4а-сурет) бірнеше секторлар бір немесе бірнеше белдіктерге отырғызылып, қалқан осіне қатысты эксцентрикалық жағдайда болады (4.4ә-сурет).



4.4-сурет. Теңселгіш атқару органдарының схемасы

Секторлардың саны 2-ден 4-ке дейін өзгереді, ал шұғылалардың саны – 3-тен 12-ге дейін. Қалқан диаметріне байланысты кескіш аспаптардың әр шұғыладағы саны 14-ке дейін. Шетелдерде мұндай қалқандарды дайындайтын негізгі фирмаларға – «Калвелд» (АҚШ) және “Филипп Хольцман” (ФРГ) фирмалары жатады.

Осы қалқандардың техникалық сипаттамалары 4.4-кестеде келтірілген.

Теңселгіш атқару органдары бар қалқандар

№	Көрсеткіштер	Қалқанның белгіленуі		
		Мосстрой СКБ	Халыцман ФРГ	Калвелд АҚШ
1	Қалқанның диаметрі, мм	2024	5530	7780
2	Атқару бөлшектеріндегі шұғылалардың саны	6	8	18
3	Атқару бөлшегінің алға жылжу мөлшері, мм	400	400	д/ж
4	Конвейер: типі/өнімділігі, м³/мин	Сырмалы/ 0,2	Сырмалы/ д/он	Таспалы/ д/ж
5	Қалқандық домкраттар: саны жалпы тах күші, МН жүрісі, мм	16 2,0 500	24 40 —	20 27 —
6	Құрастырмалы бекітпе сақинасының ені, мм	350	—	800
7	Қалқанның массасы, т	5,8	-	-
8	Қалқанға орнатылған двигательдердің қуаты, кВт	17	800	800
9	Тиеу бөлшегінің типі	Тербелгіш аяқтар	Жоқ	д/ж
10	Бекітпе қалағышының типі	сақиналық	Пресс- бетон	Жеке арбашада
11	Жайлы тау-геологиялық жағдайдағы, тоннель құрылысының техникалық жылдамдығы: м/ауысым м³/ауысым	3 9,4	3 71	5 237,5

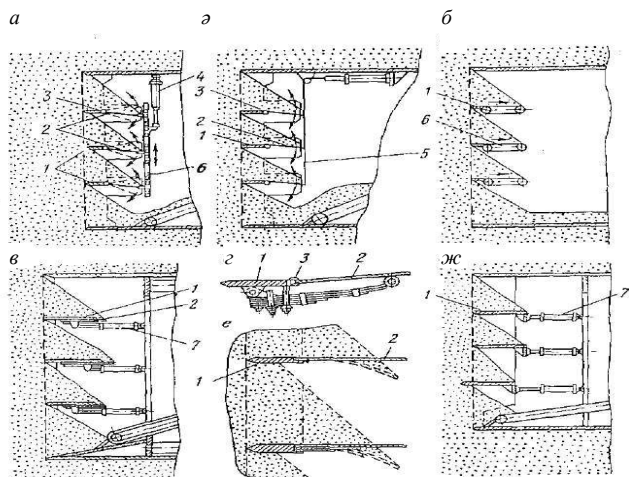
4.7. Құрамалы алаңшалары бар қалқандар

Құрамалы алаңшалары бар қалқандар – сусымалы және орнықсыз құмдақ жыныстарда, тоннельдер құрылысын жүргізуге арналған. Бірақ, жекелеген орнықты жыныстардан тұратын тоннель бөлімдерінде оларды қолдануға болады. Бұл

кезде алаңшалардың алынып-салынатын пышақтық бөлімдері жыныстарға қысыммен кіріп, бұзады. Қатты қосындылар немесе қойтастар кездескен кезде, қалқанның диаметріне байланысты құрама алаңшалардың бір бөлігі немесе тұтасынан бөлшектеніп алынады. Кенжарды қазып бұзу жұмыстары платформалардан механикаландырған аспап-құралдарымен жүргізіледі [1, 9].

Құрамалы алаңшалары бар атқару бөлшегі әрекетінің принципі, қалқанның жылжып жүрген кездегі жазық кескіштейтін алаңшалардың жыныстарға батып кіруіне негізделген. Мұндай алаңшалармен негізінен қалқанның бас жағы жабдықталған. Бұзылған жыныстар алаңшаларға табиғи қиябет бұрышымен сусып түсіп, артық жыныстар алаңшадан қалқанның төменгі жақтарына құлайды да, тиейтін бөлшегімен жиналып тиеледі.

Қалқандар құрамалы алаңшалардың мынадай түрлерімен жабдыкталады (4.5-сурет): айналдыратын жүргізушілер (а, ә), артқы жағындағы конвейер (б), жайылмалы (в), пружиналы тіреуі бар, жүргізушісі жоқ айналмалы (г) немесе серіппелі элементтерімен (д) және алға жылжымалы (е).



4.5-сурет Құрамалы алаңшалары бар атқару бөлшегінің схемасы
1 – алаңшаның пышақтық бөлімі; 2 – айналатын бөлімі; 3 – осі;
4,7 – домкраттар; 5 – болат арқан; 6 – тарпна

Құрамалы алаңшалары бар кейбір қалқандардың техникалық сипаттамалары 4.5-кестеде берілген.

4.5-кесте

Құрамалы алаңшалары бар қалқандар

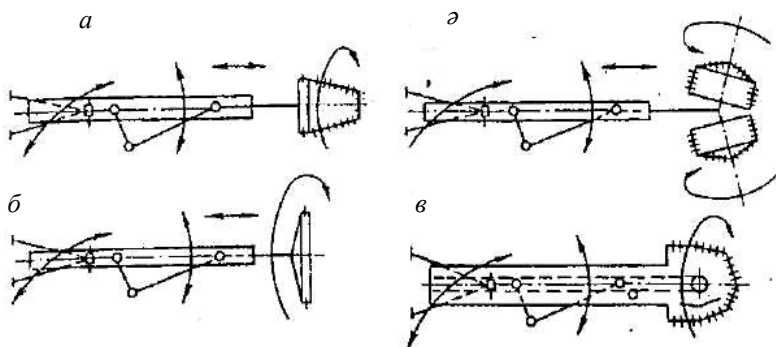
№ к/к	Көрсеткіштер	Қалқандар			
		ПЩМ-2	ПЩМ-2,6	ПЩМ-3,6	ЩМ-17
1	2	3	4	5	6
1	Қалқанның диаметрі, мм	2024	2600	3624	5624
2	Қалқанның ұзындығы, мм	-	3120	5720	5517
3	Алаңшалардың типі	Домкр.	ж/жоқ	конвейер	жылжы малы
4	Ярустардың саны Тік бөлгіштердің саны	2	2	2	3
		1	1	1	0
5	Алаңшалардың жалпы саны	4	4	4	3
6	Ұзындығы:				
	Пышақтық бөлім, мм	195	250	350	1320
	Артқы бөлім, мм	335	300	600	—
7	Алаңшаның ені, мм	900	1200	1600	2000
8	Қалқандық домкраттардың саны	15	15	20	20
9	Қалқанның массасы, т	12	18	60	150
10	Тиейтін бөлшегі	—	шнектік	сакиналық	грейфер
11	Бекітпе сакинасының ені, мм	600	700	1000	1000

Ескерту: Домкр. - жүргізуші домкраттар; ж/жоқ - жүргізушісі жоқ.

4.8. Әрекет-қимылы таңдамалы қалқандар

Әрекет қимылы таңдамалы атқару бөлшегі бар қалқандарда жыныстарды бұзып қопару, жебеге (стрелкаға) бекітілген кескіш бұрғы бастардың айналуы нәтижесінде, ал олардың жазық және тік бағыттарда қозғалуы гидравликалық домкраттар арқылы болады.

Атқару бөлшектерінің мүмкін болатын схемалары 4.6-суретте көрсетілген. Олар 1 (бір бұрғы басымен) (а), 2 барабандылық (ә), табақшалық (б) және құрамалық (жебедегі конвейермен) (в) болуы мүмкін. Суреттегі тілсызықтар (стрелкалар) бұрғы бас пен жебенің қозғалыс бағыттарын көрсетеді. Бұрғы бас диаметрінің мөлшердегі 0,6-дан 1 м-ге дейін өзгереді.



4.6-сурет. Әрекет-қимылы таңдамалы атқару бөлшектерінің схемалары

Осындай атқару бөлшегі бар қалқандардың негізгі артықшылықтарына: қалқанның көлденең қимасы әр түрлі пішінде болуы мүмкін; тау-геологиялық жағдайларға байланысты, қатты қосындылар мен қабатшалар болғанда, кенжардағы жыныстардың керек жерін қандай ретте болсын, қазып өндіруге болады; қойтастарды тауып, оны шығарудың бірқалыпты оңтайлығы; кенжарды қазу және тоннельді бекітпелеу процестерін біртіндеп немесе толығынан бірге жүргізу мүмкіндігі; роторлық атқару органы бар қалқандарға

қарағанда, анағұрлым аздаған реактивтік моментінің болуы; кенжарды жақсы бақылап көру мүмкіндігі; құрал-аспаптарды ауыстырудың ыңғайлылығы; қалқанның салыстырмалы аз массасы.

Мұндай қалқандардың кемшілігі – атқару органдарын басқару қиындығы, әсіресе кенжардың шет жақтарындағы жыныстарды қазған кезде, оған қалқан машинисінің үлкен ептілігі керек. Сонымен қатар, кенжар бірқалыпты орнықты болуы керек, ол осы қалқандардың қолдану аймағын шектейді. Жыныстардың беріктігі $f > 1$ болуы тиіс. Бірқатар қалқандардың техникалық сипаттамалары 4.6-кестеде келтірілген.

4.6-кесте

Әрекет-қимылы таңдамалы атқару бөлшегі бар қалқандар

№ к/к	Көрсеткіштер	Қалқан/комплекті белгілеу		
		ПЦМ-3,2	ПЦМ-4	ПЦМ-5,2
		КЦ-3,2Б		КЦ-5,2Б
1	2	3	4	5
1	Қалқанның диаметрі, мм	3200	4020	5200
2	Қалқанның ұзындығы, мм	4000	4885	5660
3	Бұрғы бас: ең үлкен диаметрі, мм ең кіші диаметрі, мм ұзындығы, мм кескіштердің саны айналу жиілігі, айн/мин кесудің ең үлкен жылдамдығы, м/мин	750 400 510 33 58 2,3	600 340 750 25 89 3,4	800 500 600 21 28(45) 1,88
4	Конвейер: типі өнімділігі, м ³ /мин	сырмалық 1,0	тақта- шалық 1,2	сырмалық 1,2
5	Қалқандық домкраттар: саны жалпы тах күші, МН жүрісі, мм	12 7,7 850	18 11,2 870	18 18 1200

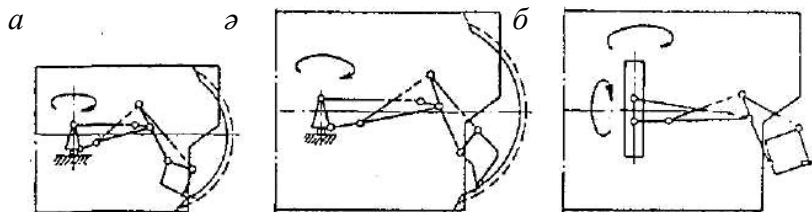
4.6-кестенің жалғасы

6	Құрастырмалы бекітпе сақинасының ені, мм	700	750	1000
7	Қалқанға орнатылған двигательдердің қуаты, кВт	60	119	249
8	Тиейтін бөлшегінің типі	Қос жинаушы табандар	Екі жақты грейфер	–
9	Бекітпе қалағыш: типі жүк көтергіштігі, кг	рычагтық 800	рычагтық 1000	сақиналық 2000
10	Қалқанның массасы, кг	44	61,3	125
11	Жайлы тау-геологиялық жағдайдағы тоннель құрылысының техникалық жылдамдығы: м/ауысым м ³ /ауысым	 5,0 40,5	 5,25 66,0	 5,5 118

4.9. Эскаваторлық атқару бөлшегі бар қалқандар

Эскаваторлық атқару бөлшегі бар қалқандар 1220-дан 8000 мм-ге дейін және диаметрі одан да үлкен болып дайындалады. Шөміштердің сыйымдылығы 0,05-тен 1,14 м³ дейін өзгереді. Эскаваторлық атқару бөлшегінің қолданыс аймағы, оның шөмішінің жынысты бұзу мүмкіншілігімен шектеледі, яғни $f < 1,5$ жыныстармен. Эскаваторлық атқару бөлшектері – циклдік әрекетті бөлшектерге жатады. Себебі, олардың кесетін бөлшегінің жұмыстық және босжүрістік циклдері болады.

Кенжардағы жынысты бұзу мен жартылай тасымалдау, шөміштің көмегімен атқарылады. Олар тура, кері немесе құрамалы күректердің принциптерінде жұмыс істей алады (4.7-сурет).



4.7-сурет. Эскаваторлық атқару бөлшегінің схемасы
*а-тура күректі; б-кері күректі; б-жүйенің ұзынабойғы осінің
 айналасында айналуымен*

Орнықты кенжарларда, артық қопарылған жыныстардың төмен түсуін болғызбайтын шаралар қабылдаудың қажеті жоқ. Кенжардағы жыныстар орнықсыз болғанда, қалқанның ішкі кеңістігіне жыныстардың өздігінен құлап түсуін болғызбайтын шараларды қолданады. Мысалы, кері күректі атқару бөлшегінің жұмысымен, синхронды түрде металл пердені пайдаланады. Бұл кезде кері күрекпен, кенжардың бүкіл бетіндегі жыныстарды бір қадам жүрісте қазады. Сонымен қатар, кенжарды ярустарға бөлетін қабатты немесе алаңшаны қолдануға болады (үлкен диаметрлі қалқандарда). Көптеген үлкен диаметрлі қалқандарда атқару бөлшегі мықты алаңшаларда орнатылған. Олармен қалқан 1–3-ке дейінгі ярустарға бөлінген, әр алаңшаларда бір немесе екі манипуляторлары бар шөміштер бар.

Эскаваторлық жұмыс бөлшегі бар қалқандардың негізгі артықшылықтарына жататындар: қайта монтаждау жұмыстарынсыз-ақ керек болғанда (қойтастарды алып тастау, кенжарды жартылай немесе толығынан бекітпелеу, қазбаның бағытын жөндеу үшін) адамдардың кенжарға өтіп бару мүмкіндігі, жұмыс кезіндегі салыстырмалы жоғарғы сенімділігі; жақын өлшемдегі қалқандар үшін атқару бөлшегін, т.б. машиналар мен механизмдерді унификациялау мүмкіндігі; тоннельдің көлденең қимасы мен ұзындығы бойынша кездесетін түрлі жыныстармен (соның ішінде қойтас қосындыларымен)

жұмыс істеу мүмкіндігі; конструктивтік орындалуының салыстырмалы қарапайымдылығы.

Сонымен қатар, көптеген жағдайларда атқару бөлшегінің, тиеу бөлшегі қызметін атқаруы, осыған орай кенжарлық конвейердің керегі болмай қалады. Үлкен диаметрлі қалқандарда жыныс шөмішпен, бірден үлкен көлемде вагондарға тиеледі. Мұндай қалқандардың негізгі кемшіліктері – жыныстардың жағдайына байланысты қолданыс аймағының шектелуі; үлкен динамикалық жүктемелерді қалқан металл конструкциясының қабылдауы; атқару бөлшегін басқарудың күрделілігі, оның циклдік жұмыс істеуі, соған байланысты тоннель құрылысында жоғары жылдамдықты қамтамасыз етудің күрделілігі.

«Комацу» (Жапония) фирмасының ТМ–5075 модельді қалқаны жебеге орнатылған шөмішпен жарақталған. Ол тік және жазық тегістіктерде суырылып шығып қозғала алады. Сонымен бірге, өзінің осі айналасында дөңгеленіп, кенжардың барлық кимасының бетімен жыныстарды қазуды қамтамасыз етеді.

Экскаваторлық атқару бөлшегі бар кейбір қалқандардың негізгі деректері 4.7-кестеде келтірілген.

4.7-кесте

Экскаваторлық атқару органы бар қалқандар

№ к/к	Көрсеткіштер	Қалқандардың белгіленуі		
		ПУ-2	«Комацу» Жапония	«Мемко» АҚШ
1	Қалқанның диаметрі, мм	1420	5072	7920
2	Қалқанның ұзындығы, мм	6000	7000	8700
3	Конвейер: типі өнімділігі, м³/мин	атқару бөлшегі -	таспалы 3,3	таспалы 3,5
4	Қалқандық домкраттар: саны жалпы тах күші, МН жүрісі, мм	2 3,6 1600	16 24 д/ж	42 82 1500

4.7-кестенің жалғасы

5	Құрастырмалы бекітпе сақинасының ені, мм	700	1200	1200
6	Қалқанға орнатылған двигательдердің қуаты, кВт	22	д/ж	700
7	Қалқанның массасы, т	5,4	д/ж	д/ж
8	Атқару және тиейтін бөлшектерінің типі	Кері күрек	Айналатын шөміш	Кері күрек
9	Қалқанның пышақтық қырының 1 м-не келетін күш, МН/м	0,82	1,5	1,76÷3,24
10	Жайлы тау-геологиялық жағдайдағы тоннель құрылысының техникалық жылдамдығы: м/ауысым м ³ /ауысым	12 22,5	6 156	9,6 490

4.10. Тоннельдер құрылысын қалқандық тәсілмен жүргізудегі негізгі технологиялық операциялар

Тоннельдерді қалқандық тәсілмен салған кезде негізгі технологиялық операцияларға жататындар: дайындық жұмыстары, жыныстарды қазып шығару (қазу, тиеу және тасымалдау), қаптамаларды тұрғызу, қаптама сыртына ерітінділерді тығындап айдау және гидроизоляциялық жұмыстар.

Дайындық жұмыстары. Тоннель құрылысын бастағанға дейін біраз дайындық жұмыстарын жүргізу керек: монтаждық камераны қазып салу, қалқанды құрастырып жинау және тексеру. Қалқанды жинайтын камера – салынатын тоннельдің жол ортасына орналастырылады. Камераның өлшемдері, қалқанның өлшемдері және оны монтаждау жұмыстарын ыңғайлы орындау жағдайларымен шарттасады. Камераны қазып салу, жоғарыда қарастырылған тәсілдердің бірімен жүргізіледі.

Әлбетте, камераның қаптамасы – монолиттік бетоннан орындалады. Камераның биіктігі мен ені қалқанның диаметрі және қауіпсіздік саңылауларымен анықталады: қалқан мен камера күмбезінің аралығы шамамен 0,6–0,8 м және қалқанның бүйірлерінен 0,75–0,8 м. Камераның ұзындығы 6–9 м болып қабылданады. Қалқанды жинастыру үшін, камералар көтеру құралдарымен жабдықталады – жүк көтергіштігі 3–10 т шығырлар мен тальдар.

Қалқанды жинау және басқа керекті жабдықтарды монтаждау жұмыстары біткеннен кейін, барлық басқару аппараттары мен құралдарын тексереді. Содан кейін, қалқанды кенжарға қарай кіргізу жұмыстары басталады.

Жыныстарды қазып алу жұмыстары механикаландырылмаған қалқандарды қолданған кезде, кесіп өтетін жыныстардың қасиеттеріне байланысты былай атқарылады: жұмсақ сазды-құмды жыныстарда – уатқыш балғалармен, мықтырақ жыныстарда – бұрғылау-аттыру тәсілімен. Уатқыш балғалармен жұмыс істеген кезде ұңғылаушылар (проходчиктер) қалқанның пышақтық сақинасы астындағы жазық алаңшалар мен жылжымалы платформаларда орналасады. Олар кенжардың алға жүру мөлшеріне қарай, қалқандық домкраттардың жүріс жолымен жылжытылады. Қопарылған жыныстар кенжардың төменгі бөліміне лақтырылып түсіріліп, онда олар тиейтін машинаның (ППМ типтес) көмегімен вагонеткаларға немесе көлбеу конвейерлерге тиеледі.

Тоннельдің кенжары ағаштан жасалған қалқаншалар (шандарлар) немесе жазық тақтайлар және тік бөренелермен құрастырылған уақытша бекітпелермен бекітіледі. Олар кенжарлық домкраттармен тіреліп, ұсталып тұрады.

Тоннель кенжары, мықтырақ таужыныстарын кесіп өткенде, бұрғылау-аттыру жұмыстарын жүргізу керек. Шпурларды бұрғылау – пневматикалық қол бұрғымашиналарымен немесе электрбұрғылармен атқарылады. Шпурларды аттырған кездегі жыныстардың ұшып-соғуынан қалқандарды сақтау үшін тоннельдер тайыз салынған уақытта,

кала үйлері мен ғимараттарына сейсмикалық әсердің қауіптілігін ескере отырып, шпурлардың тереңдігін 1 м-ге дейін ұлғайтады. Бұрғылау-аттыру тәсілі кезінде жыныстарды қазу, тұтастанған немесе кертпештенген кенжарлармен жүргізіледі. Жұмсақ саздақ және құмдақ жыныстардан тұратын кенжарларды қазу, қалқанның пышақтық сақинасының панасында пневматикалық күректер мен уатқыш балғалар арқылы жүргізіледі. Қалқанның пышағы жыныстарды қазған кезде тұрақты түрде жыныстарға 10 см кіріп тұруы тиіс. Орнықтылығы жеткіліксіз саздақ пен құмдақ жыныстарда кенжардың маңдай беті бекітіпеленеді.

Жер үстіндегі үйлердің, жерасты коммуникацияларының астында қазу жұмыстарын жүргізген кезде де, кенжардың маңдай бетін уақытша бекітпелеу керек. Кенжар бетін бекітпелегенде жыныстарды қазуды жоғарыдан төмен қарай кертпештеп, бекітпенің 1–2 тақтайын алғаннан соң жүргізеді. Жыныстардың сырғып құлауын болғызбау үшін әрбір енбе (тереңдігі 0,5-1 м) көбінесе қалқанның екі адым жылжуы кезінде қазылып алынады.

Жерасты тиеу және кенжарлық көлік. Бұзылған жынысты механикаландырылмаған қалқандарда, автономдық тиеу машиналарымен (1) жекеленген вагонеткаларға (2) тиейді (4.8а-сурет).

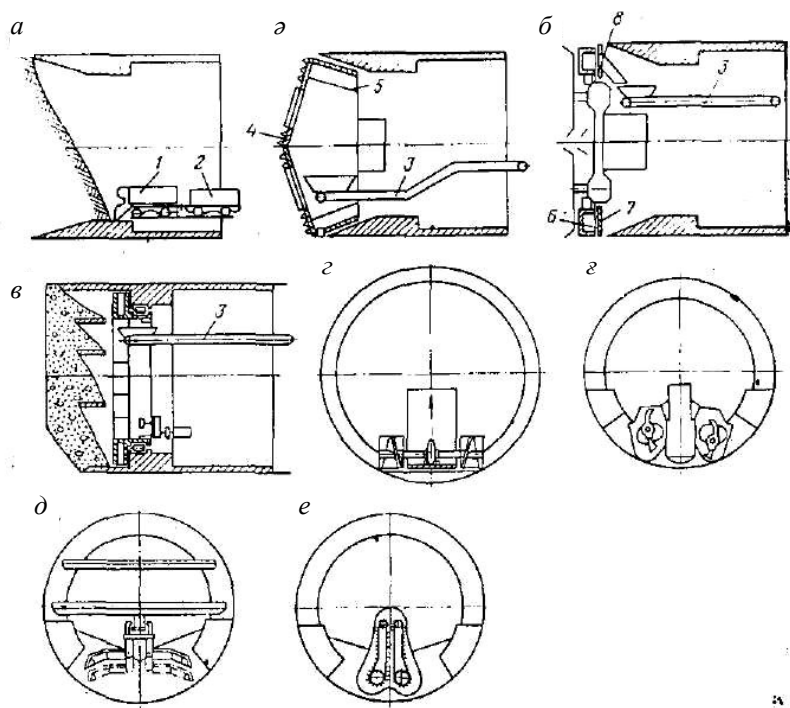
Диаметрлері кіші қалқандарда жыныстарды тиеуді, оның кескіш бөлімінің төмен жағында бекітілген металл жаймалардан, қол қалақ күректерімен атқарады.

Механикаландырылған қалқандарда жыныстарды тиеу, оның атқару бөлшегінің типіне байланысты.

Роторлық атқару бөлшегі бар қалқандарда (4.8ә-сурет) – бұзылған жынысты қалқаннан конвейер (3) арқылы шығарады. Ол үшін тікелей айналып тұрған роторда (4) қалақшалар (5) болады, олар арнайы бағыттаушы ақпа арқылы жынысты конвейерге береді.

Планетарлық атқару бөлшегі бар қалқандарда бұзылған жыныстарды көбінесе кенжардан шөміштердің (6) көмегімен шығарады (4.8б-сурет). Шөміштер атқару бөлшегінің

жүргізгішіне бекітіліп, онымен бірге айналады. Шөміштердің артқы жағында соқтырғыш жайма бет (7) орналасқан, оның жоғарғы бөлігінде арнайы тесіктер (8) бар. Кенжардың төменгі бөлімінен бұзылған жыныстарды шөміштер іліп алып, соқтырғыш жайма беттегі тесіктерге дейін көтереді. Одан кейін жыныстар, бағыттауыш ақпа арқылы конвейер (3) мен тасымалдау ыдыстарына түседі.



4.8-сурет. Кенжардағы жынысты тиеудің схемасы

Кейбір қалқандарда (мысалы, кескіш алаңшалары бар қалқандарда), айналып тұратын атқару бөлшегі болмағанда, роторлық тиегіштерді жұмыстық жүргізушімен жасақтайды (4.8в-сурет). Бұл жағдайда тиейтін бөлшекті жұмыс

алаңшаларының артында орналастырады. Жазық алаңшалардан сырғып түскен жыныстар шөміштермен (6) көсіліп алынып жоғары көтеріледі де, одан – бағыттауыш ақпалармен конвейерге (3) түседі.

Таңдамалы әрекет-қимылды атқару бөлшегі бар қалқандарда, құмдақ және сазды-құмдақ жыныстарға арналған кескіш алаңшалары болғанда көбінесе, шнектік тиейтін немесе қармайтын қалақтары бар органдарды пайдаланады; олардың жұмыс принциптері 4.8г, ғ, д-суреттерде көрсетілген.

Су басқан жыныстарда тоннельдерді жүргізгенде жыныстарды тиеуді, пластикалық түсіргіштердің көмегімен атқарады (4.8е-сурет). Жоғарыда айтып кеткендей (3-бөлімді кара), түрлі мақсаттағы тоннельдердің құрылысында негізінде қаптамалардың екі түрі: құрастырмалы элементтерден (кесек не тюбингтерден) немесе монолитті-престелген бетон қолданылады.

Құрастырмалы қаптаманы тұрғызу. Құрастырмалы қаптаманы тұрғызу технологиясына – кесектер немесе тюбингтерді түсіру, орнатушы механизмдердің қармаушы құралдарына жеткізіп беру, оларға бекіту және қаптаманың домкраттық сақинасына элементтерді тікелей монтаждау жатады.

Орнататын орынға қаптаманың элементтері арнайы блок тасымалдаушылармен, платформалармен немесе контейнерлер арқылы жеткізіледі. Ереже бойынша оларды қалқаннан тыс жерде, көбінесе бірнеше ондаған метр қашықтықта көтеріп-түсіреді. Түсіру үшін крандарды, тельферлік шығырларды, манипуляторларды, гидродомкраттар, т.б. құралдарды қолданады. Түсірілген жерден қаптаманың элементтері орнатушы механизмдерге арнайы арбашалар, рольгангтар, тельферлер немесе монорельстермен қозғалатын арнайы домкраттық жүйелердің көмегімен жеткізіледі.

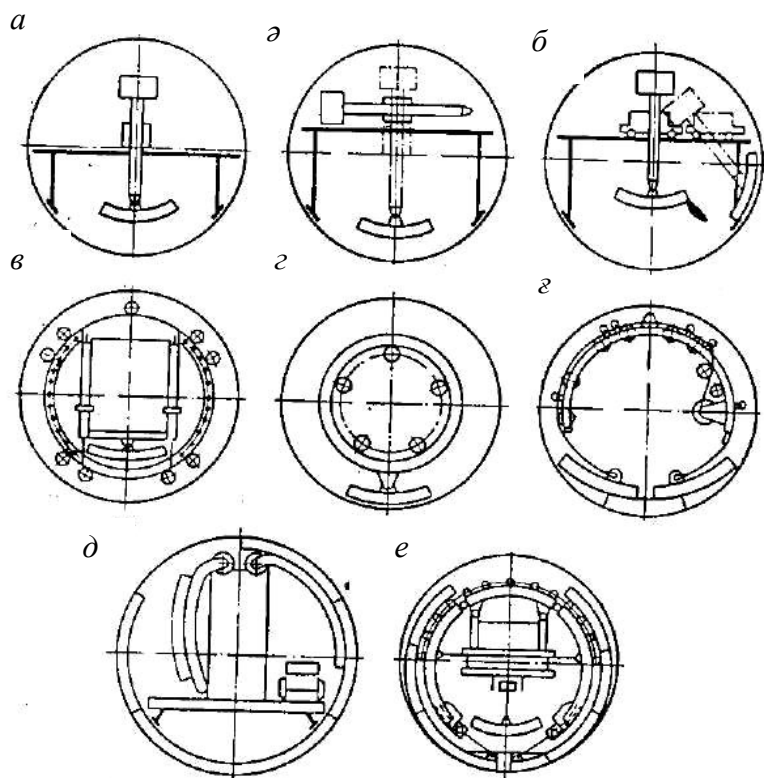
Құрастырмалы қаптамалардың жекелеген элементтерінің массасы өте ауыр болып келеді. Сондықтан оларды құрастыру, арнайы механизмдердің – кесек қалағыштар немесе тюбинг қалағыштардың көмегімен ғана орындалады.

Диаметрлері кішігірім және орташа ұңғымалық қалқандарда – бекітпе қалағыштар әлбетте, тікелей қалқанның өзінде орнатылады. Қалқанының диаметрі 5,2 м-ден жоғары ұңғымалық комплекстерде автономдық жеке арбашаға орнатылған кесек пен тубинг қалағыштар қолданылады. Арбашалар қалқанның артында тоннельдің науашасымен немесе қаптамаға бекітілген кронштейндердің бойымен жылжып отырады.

Конструктивтік орындалуы бойынша кесек пен тубинг қалағыштар –радиалдық, доғалық, сакиналық, касеталық және құрандалық болып бөлінеді.

Тоннельдерді қалқандармен салу тәжірибесінде радиалдық типтегі қалағыштар, ең көп таралғаны. Олардың жұмыстарының принципалдық схемасы 4.10а, ә, б-суретте келтірілген. Мұндай кесек қалағыш қалқанның ұзына бойғы осінде, айналатын көлденең арқалық (траверса) болады. Траверсаның бір шетінде кесекті бекітуге және көтеруге қармау қарастырылады, ал карама-қарсы шетінде – оны теңестіріп тұратын қарсы жүк (4) болады.

Құрастырмалы қаптаманы радиалдық типтегі тубинг қалағышпен монтаждау, қалқанның жаңа енге кезекті жылжып, тубингтерді қоятын жерді босатқаннан кейін басталады. Көптеген жағдайларда бұл жерден тиеуші конвейерді шығару керек болады, ол бекітпе қалағыштың жұмысына кедергі жасайды. Кесектер немесе тубингтер бекітпе қалағыштың қармауының астына кезек-кезек беріліп тұрады да, оған бекітпеленеді және «қолдың» әрекетімен қойылатын жеріне жеткізіледі. Бірінші кезекте – науалық кесектер қойылады, одан кейін тоннельдің сол және оң жақтарына басқалары қаланады. Олар құлап қалмауы үшін, арнайы жылжымалы арқалықтар және қалқандық домкраттармен сүйемелденіп тұрады. Ең соңынан, қаптама сакинасының жоғарғы жағына құлыптық элемент әкелініп қаланады (кей кездерде қалқанның кезекті жылжуынан кейін) оны орнатқанға дейін, тұйықталмаған сакина арнайы домкраттармен тіреліп тұрады.



4.10-сурет. Бекітпе қалағыштардың схемалары

Механикаландырылған қалқандары бар ұңғымалық комплекстерде жүргізгіш сақина, қалайтын механизм түріндегі сақиналық бекітпе қалағыштар кеңінен қолданылады. Қалайтын механизмдерін сыртқы (4.10в-сурет) немесе ішкі тіреулерге (4.10г-сурет) орнатады. Бұл қалағыштар тоннельдің көлденең қимасының орта бөлімінде бос кеңістік қалдырады. Онда кенжардан жыныстарды тасымалдайтын конвейерлер орналастырылады.

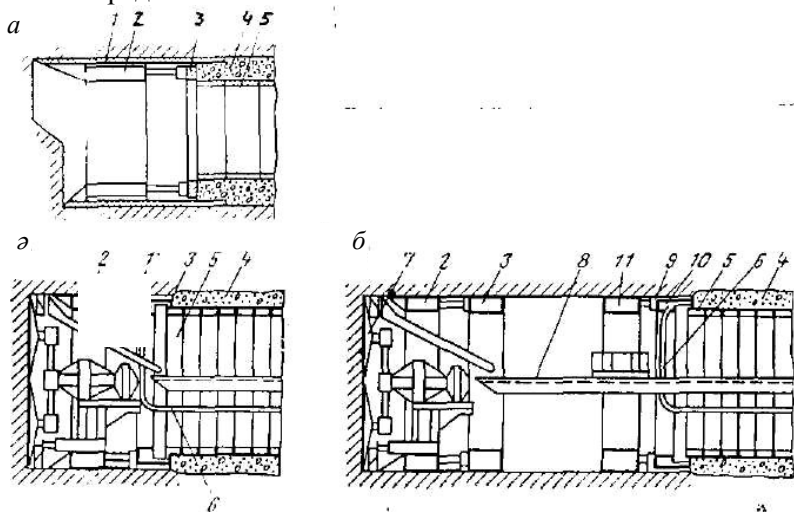
Ішкі тіреулерге орнатылған сақиналық қалағыштар, қаптама элементтерін төменгі немесе жоғарғы ярустарға беру схемасын қолдануға мүмкіндік береді. Кіші диаметрлі қалқандарда канаттық қалағыштарды (4.10ғ-сурет) қолданған жөн. Қаптаманы құрастырған кездегі кейбір операциялар қолмен атқарылатындықтан, қажет болғанымен олар конструктивтік орындалуымен, эксплуатацияда қарапайымдылығымен ерекшеленіп, қаптама құрастырылатын орында аз кеңістік алады.

Доғалық бекітпе қалағыштар (4.10д-сурет) доға түрінде орындалады. Осы доғаларға каптаманың элементтері тасымалдайтын арбалармен екі жағынан жеткізіледі. Тоннель қимасының орта бөлімшесі, конвейерлер мен басқа да жабдықтарды орналастыру үшін бос болады.

Монолитті-престелген қаптамаларды тұрғызу. Монолитті-престелген қаптама, арнайы қалыптаманың сыртына салынған бетон қоспасын қалқандық домкраттармен осьтік бағытта сығымдау арқылы алынады. Монолитті-престелген бетонды қолдану, каптаманың қоршаған жыныстармен тығыздалып жабысуын қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда, каптаманың сыртына цементтік ерітіндіні алғашқы және бақылаушы айдамалаудың керектігі болмай қалады. Жер бетінің отыруы, құрастырмалы қаптамалар элементтерінің арасындағы жіктерді нақыштау жұмыстары да болмайды. Коллекторлық және гидротехникалық тоннельдер құрылысы кезіндегі ішкі темірбетон жабындысын гидроизоляциялау жұмыстары да жүргізілмейді. Қазіргі уақытта қалыптаманың сыртына жаңа ғана салынған бетонды осьтік бағытта сығымдау арқылы монолитті-престелген каптаманы тұрғызу схемасы көп қолданылуда.

Қоршаған жыныстардың беріктігіне байланысты бетондарды престоудің бірнеше варианттары болуы мүмкін. Метрополитендік, коллекторлық тоннельдерді әлсіз жыныстарда (күмдақтарда, сазды-күмдақтарда, жұмсақ саздақтарда) жүргізген кезде, қаптама тұрғызудың төменде келтірілген варианты қолданылады.

Бетондық қоспаны (4.11-сурет) (4) престеп сығымдау, қалқан қабықшасының (1) сырты мен қалыптама (5) арасындағы сақиналық кеңістікке оны берген кездегі, қалқалдық домкраттар (2) және оны бөліп тұратын престеуші сақина (3) көмегімен жылжыту кезінде жүргізіледі. Престеу қысымы 1,5–3,0 МПа дейін өзгереді.



4.11-сурет Монолитті-престелген бетоннан қаптаманы тұрғызу схемасы

Қалқан қабықшасының сыртына бетон қоспасының артылып шыға бастаған кезінде, қаптаманың қосымша сығымдалуы және оның қоршаған жыныстар массивімен тығыздалуы болады. Яғни, қалқан артындағы жер бетінің отыруын болғызбайтын қосымша жағдайлар жасалады. Қалыптама сыртына бетонды, механикаландырылған бетон тарабынан пневмобетон салғыштардың көмегімен жеткізеді. Ал, бетон қоспасының параметрлері мынадай: қоспаның құрамы Ц:К:УТ=1:2:2; конустың отыруы 6–8 см; су-цемент қатынасы 0,5–0,6; цементтің шығыны 450–500 кг/м³ бетонның маркасы 400.

Монолитті-престелген қаптаманы тұрғызу үшін алмалы-салмалы және сырғымалы қалыптамаларды пайдалануға болады. Алмалы-салмалы қалыптама, әрқайсысының ені 600 мм болатын 12–14 секциялардан тұрады. Қалқанның жылжу мөлшеріне байланысты қалыптаманың соңғы секциясын арнайы көтеру-тасымалдау механизмдерінің көмегімен алға жылжытып, қайта жинап қояды. Мұндай операциялар әрбір секциямен әлсін-әлсін қайталанады, бұл оның кемшілігі болып саналады.

Сырғымалы қалыптама, қалқанның жылжу процестері кезінде гидравликалық домкраттардың көмегімен алға сырғып қойылады. Яғни, қайта жинау және құрастыру операциялары болмайтындықтан, мұндай қалыптамаларды қолданудың келешегі зор деуге болады.

4.11. Қалқандық комплекстер

Қалқандардың көмегімен қазба жұмыстарын жүргізгенде технологиялық процестерді кешенді түрде механикаландыруға, қалқанға орнатылған жабдықтар көмегімен ғана емес, қалқан артына орналасқан технологиялық платформадағы қондырғы-жабдықтар арқылы да жетуге болады.

Тоннель құрылысындағы ұңғымалық үрдістерді ең жоғары дәрежеде механикаландыруға және автоматтандыруға, құрылыс жылдамдығы мен еңбек қауіпсіздігінің жағдайларын қамтамасыз етуге керекті жабдықтардың құрылымын – *қалқандық комплекстер* деп атайды.

Қалқандық комплекс – ұңғымалық қалқанды, қаптаманы тұрғызатын жабдықтарды, технологиялық платформаны, оған вагонеткаларға жынысты тиеп жинаушы және таспалық конвейерлерді орнатады. Ол тампонаждық жұмыстардың жабдықтарын, гидравликалық және электрлік қондырғыларды да қамтиды.

Технологиялық платформаның ұзындығын – вагонеткалар мен қауғаларды, қаптама элементтеріне керекті арбашаларды орналастыру жағдайы мен тампонаждық жұмыстарға керекті материалдардың көлеміне байланысты анықтайды. Технологиялық

платформада тоннельді жүргізу мен бекітпелеудің бір немесе жарты цикліне келістірілген көліктік жабдықтардың құрамын жайластырып орналастырады. Технологиялық платформа қалқанмен тіркесіп байланысады да, қалқанның жылжу мөлшеріне қарай қозғалады. Қолдану аймағына қарай қалқандық комплекстердің көптеген түрлері болады.

Жартылай механикаландырылған комплекстерде ПЩ-2,6; ПЩ-3,2; ПЩ-3,6; ПЩ-5,2; ЩН-1с қалқандары қолданылады. Жайлы тау-геологиялық жағдайларда осындай қалқандық комплекстерді қолданғанда, тоннельдерді 1-2 м/ауысым жылдамдықпен жүргізуге мүмкіндік болды.

Коллекторлық тоннельдердің құрылысында арнайы дайындалған КЩ-2,1Б, КЩ-2,6БП, КЩ-3,2БР, КЩ-4БП қалқандық комплекстер ең көп таралған. Механикаландырылған жабдықтар комплексін қолдану, коллекторлық тоннельдер жүргізудің 3-6 м/ауысым техникалық жылдамдығына жетуге мүмкіндік берді.

Үлкен габаритті тоннельдер құрылысы үшін (метрополитен, автокөлік тоннельдері) КЩ-5,2Б, КМ-19, КТ-1-5,6, т.б. комплекстерді дайындап пайдаланады.

Монолитті-престелген қаптаманы қолданған тоннельдер құрылысындағы қалқандық комплекстердің ТЩБ деген маркировкасы болады. ТЩБ-2, ТЩБ-3, ТЩБ-7 комплекстері метрополитен тоннельдері құрылысында диаметрлері 5,7; 5,8; 5,9 м қалқандарды пайдалануға арналған. Мұндай комплекстердің техникалық өнімділігі 1,8-2,4 м/ауысымға тең.

Алматы метрополитенінің бірінші кезегінің жобасы бойынша, өтпелік тоннельдерді кәдімгі жартылай механикаландырылған ЩН-1с және толық механикаландырылған КТ-5,6Д2 қалқандық комплекстерімен жүргізу қарастырылған. Алатау және Тұлпар станциялары арасындағы өтпелік тоннельді жүргізуде мынадай жабдықтар комплексі пайдаланылады: ЩН-1с қалқаны; УТ-16 бекітпе қалағышы; ППН-5 тиеуші машинасы; алғашқы ТН-16А бетон айдайтын арбашалар; ПСК қайта тиеуіш конвейері; КамАЗ (ТСШ-4Б) автосамосвалдары; рельстік платформа. Қалқандық комплексте

10 адамдық ұңғылаушылар бригадасы жұмыс істейді, қалқанның бір енбе жүрісі 0,5 м.

Тоннельдің кенжары қалқанның жылжымалы платформасынан қолмен уатушы балғалармен, жоғарыдан төмен қарай қазылып құлатылады. Құлатылған жыныстарды ІПП-5 тиеу машинасымен ПСК қайта тиеуші конвейерге, одан жыныс автосамосвалының қорабына тиеледі. Автосамосвалдар тұратын жерде адамдардың өтіп жүруі үшін жылжымалы басқыш орнатылады. Оны кесектердегі (тюбингтердегі) бетон айдайтын тесіктерге кіргізілген анкерлердің үстіне қояды.

Кенжарға жеткізілген темірбетондық кесектер (немесе шойын тюбингтер) тасымал көлігінен мына кезекпен түсіріледі:

- ПСК қайта тиеуші конвейері тасымалдауыш жағдайында, алғашқы айдамалау арбашаларының астына кіргізіліп қойылады;

- кесектер (тюбингтер) автосамосвал қорабынан тельфер арқылы көтеріліп, алғашқы айдамалау арбашаларының жоғарғы алаңшасына қойылады.

Тоннель қаптамасын құрастыру мына кезекте жүргізіледі:

- ПСК қайтатиеуші рельстік платформаға жылжытып қойылады;

- ІППН-5 тиеу машинасы алғашқы айдамалау арбашасының астына кіріп тұрады;

- кесектер (тюбингтер) арбашаның үстіңгі алаңшасынан тельфермен бір-бірлеп кесек тасығыштың үстіне түсіріледі. Осыдан кейін рельстік жолмен қолмен итеріліп, УТ-16 бекітпе қалағыштың айналмалы рычагтық қармауышының астына жеткізіледі;

- қаптама элементтері тюбингтік сақинаның науалық бөлімінен бастап, оң және сол жақтарына кезек-кезек қойылып монтаждалады.

Жоба бойынша Алмалы және Жетісу станцияларының арасындағы өтпелі тоннель, КТ-5,6Д2 механикаландырылған қалқандық комплексінің көмегімен жүргізу қарастырылған. Кенжардағы жыныстар экскаваторлық жұмыс бөлшегі бар

машинамен қазылып, таспалы конвейермен ВПК-7 вагонеткаларына, кейінгі уақытта автосамосвалдарға тиеледі.

Қаптаманы монтаждау кезінде тиейтін конвейерлер бекітпе қалауыш рычагының жұмыс аумағынан кетіріледі. Осыдан кейін құрастырмалы қаптама элементтері тиелген состав (3-4 кесек тасығыштарымен) беріледі. Қаптаманың кесектері, кесек тасығыштардан кран-қайта тиеуішпен рольгангқа көтеріліп қойылады да, содан соң олар кесек қалағыш рычагтың кармаушысының астына тасымалданады. Алдымен науалық кесекті, одан кейін кезегімен оң және сол жақтарындағы қаптаманың басқа кесектерін орнатады. Кесектердің жіктеріне екі бүрлі металл шегелерді орнатады. Қалқанның осінен жоғары құрастырылатын кесектер құлыптық кесекті орнатқанға дейін, жылжытпалы арқалықтармен итеріліп ұсталып тұрады. Қаптама сақинасын орнатып болғаннан кейін, қалқандық комплексті 1 м кашықтыққа жылжытады.

Ең соңғы орнатылған әрбір қаптама сақинасының артына алғашқы бетон айдамалау – операциясы жүргізіледі. Айдамалау – сақина бойынша төменнен жоғары қарай кесектер мен тюбингтердің жіктері мен қабырғаларындағы барлық тесіктер арқылы жүргізіледі. Сақинаның төменгі бөлігіндегі кесектер сыртындағы кеңістікке ерітіндіні толтыру, сақинадағы кесектерді жазық диаметріне дейін орнатқаннан соң жүргізіледі. Ал тоннель қимасының жоғарғы жағында – бұдан алдыңғы сақинада.

Бақылаулық айдамалау – жіктер мен бірінші айдамалау тесіктерін нақыштап бекіткен соң жүргізіледі. Сонымен бірге, болттық тесіктерді және кесек қырларындағы шпилкалар (бүрлі шегелер) орнататын тесіктерді гидроизоляциялағаннан кейін де, осы жұмыстарды орындау керек болады.

4.12. Қалқанның ілгері жүруін бақылау

Тоннельдерді белгіленген бағытта тура салу үшін ұнғымалық қалқандар маневрлікке ие болуы тиіс. Ол қалқанның кеңістіктегі нақты орынын жүйелі түрде бақылау үшін, арнайы

құралдармен жарактандырылады. Ұңғымалық қалқандардың қозғалысын басқаруда екі принципті жағдай кездесуі мүмкін.

Бірінші жағдайда, тоннельді орнықты жыныстарда жүргізген кезде қалқан босатылған кеңістікке өзінің пышақтық бөлімінің алдында жылжиды. Қалқан корпусының пышақтық бөлігінің алдындағы жыныстар қалқанның атқарушы бөлшегімен, уатушы балғалармен, аттыру тәсілімен қопарылып қазылады. Бұл жағдайда қазбаның ішкі диаметрі, қалқанның сыртқы диаметрінен үлкен болады және тоннель трассасының бұрылатын жерлерінде оның бұрылуы, қазбаның біржағын кеңейту арқылы іске асады. Механикаландырылған қалқандарда мұндай кеңейту – копир-кескіш немесе копир-шарқашаудың көмегімен орындалады. Олардың радиалдық бағытта суырылып шығу мөлшерлері, арнайы профильденген жұдырықшалармен анықталады.

Екінші жағдайда, тоннельді орнықсыз жыныстарда жүргізген кезде, қалқан алдындағы жынысты бірден қазу мүмкін болмаса, қазбаның бағыты – қалқанның қозғалу бағытымен анықталады. Қалқан белгіленген бағыттан ауытқыған жағдайда, оны бірітіндеп бірнеше жылжу адымдары барысында анықталған кезекпен қалқандық домкраттардың қосылуымен жөндейді. Аздаған ауытқуды (1-2 см) қалқанның бір адым жылжуы бойында-ақ түзеуге болады. Қалқанды жылжытудың дәлдігі, көптеген жағдайда жұмысшылардың, маркшейдерлік жұмыстардың кәсіби дәрежесі мен бақылау құралдарының жетілдірілуіне байланысты.

Қалқан жүрісінің бағытын бақылау – оның ұзынабойлық осінің кеңістіктегі профильдік және пландық орынын анықтау болып табылады. Бұл үшін жарық сәулелері негізіндегі құралдар кеңінен қолданылады. Олар кәдімгі электршамдарымен, кең модульді жарық сәулелері немесе оптикалық кванттық генераторлар – лазерлермен жасалады. Бұл кезде бақылау көзбен немесе автоматтық түрде бақылануы мүмкін. Қалқанның тұрған орынын көзбен бақылауда, лазер сәулесін қолдану жұмысының принципі мынада: сәулеге пландағы және профильдегі жобалық орындар тапсырылады. Ал қалқанда екі экран орнатылады, олардың ортасы – сәуле дақтарының ортасымен тұспа-тұс болуы тиіс.

4.13. Ұңғымалық қалқандардың параметрлерін есептеу

4.13.1. Қалқанды алға жылжитатын күштерді анықтау

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

Жалпы түрде қалқанның жүруіне кедергі күштердің қосынды мөлшері мынаған тең [9, 10]:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 ; \quad (4.4)$$

мұндағы 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 физика-механикалық сипаттамасына, қалқанның геометриялық өлшемдеріне, оның басқы бөлімінің конструкциясы мен жынысты қазу технологиясына тәуелді. Қалқанның бас бөлігін жынысқа ендіру күшін анықтаудың үш негізгі жағдайы бар:

1. Тоннельді жүргізу – орнықты жыныстарда атқарылады, қалқан алдын ала ашылған кеңістікке қарай жылжитындықтан, оның бас бөлігінің жынысқа ену күші нөлге 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. Тоннельді 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. Васильев пен 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. Тоннель ұстамсыз құмдас жыныстарда жүргізіледі және ол кенжар қалқанның жылжу бойымен қазылады. Бұл жағдайда W_1 күшін, сусымалы ортаның шектік тепе-теңдік теориясының қағидаларына байланысты анықтайды. Әйтпесе, қалқанның пышақтық қырының әрбір метріне 300–350 кН/м деп жобалап алуға болады.

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

$$W_1 = P_1 \cdot F, \text{Н}; \quad (4.5)$$

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

$$P_1 = q_B \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2}), \text{Н/м}^2; \quad (4.6)$$

мұндағы 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, кенжар ауданының кессондағы ауаның артық қысымы мен көбейтіндісіне тең болады.

Қалқанның сыртқы бетінің жыныспен үйкеліс күшін жеңетін қысым күші мынаған тең:

$$W_2 = [2 \cdot (P_B + P_\Gamma) \cdot \alpha_{и} \cdot D_{и} + G \cdot g] \cdot m, \text{ Н}; \quad (4.7)$$

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

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

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$; H – жер бетінен қалқан осіне 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 жағдайда, опырылым күмбезінің биіктігі – H_{CB} .

$$H_{CB} = \frac{B}{2 \cdot f}, \quad B = D_{и} + 2 \cdot D_{и} \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2}), \text{ м}; \quad (4.8)$$

мұндағы f – проф. М.М. Протоdjаконовтың шкаласы бойынша жыныстың бекемдік коэффициенті;

B – опырылым күмбезінің ені, м;

$\alpha_{и}$, $D_{и}$, 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;

$$P_\Gamma = P_B \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}), \text{ Па}. \quad (4.9)$$

Қалқан қабықшасының ішкі бетінің тұрғызылып жатқан бекітпеге үйкелісін жеңетін қысым күші ең алдымен бекітпенің түрі мен оны тұрғызу технологиясына тәуелді болады. Құрастырмалы бекітпе кәдімгі тәсілмен тұрғызылған жағдайда,

$$W_3 = G_c \cdot m_1 \cdot g, \quad \text{Н}; \quad (4.10)$$

мұндағы G_c – қалқан қабықшасының ішіндегі тоннельдік қаптама сақинасының массасы, кг;

m_1 – болаттың қаптама материалына үйкеліс коэффициенті, шойындар үшін 0,15–0,2, ал темірбетондар үшін 0,4–0,5-ке тең.

Құрастырмалы бекітпені қалқан қабықшасымен түйіскенге дейін сығымдап тұрғызғанда немесе радиалды бағытта бетон қоспасын қалқан қабықшасының астында престоге кездегі қысым күшінің мөлшері:

$$W'_3 = P_1 \cdot F_1 \cdot m_1, \quad \text{Н}; \quad (4.11)$$

мұндағы P_1 – құрастырмалы қаптаманың немесе бетон қоспасының радиалдық бағыттағы қалқан қабықшасына қысым күші, Па;

F_1 – қалқан қабықшасының ішкі бетінің ауданы, м^2 (тұрғызылып жатқан бекітпе қалқанның бастапқы жылжуы кезіндегі түйісу ауданы).

Бетон қоспасын қалқан қабықшасының астында ұзынабойлық бағытта престоге сығымдаған кезде, жоғарыда айтылған қысым күші қалқан жылжығанда оның алғашқы сәтінде ең үлкен мөлшерде болады. Ол қоспаның элементарлық көлемінің тепе-теңдігі бойынша анықталады. Бұл кезде ол престоге сақина жасаған, қысымдалған жағдайда болады.

Алып-салмалы секциялық қалыптаманы қолданудағы кезекті қысым күші.

$$W_3^{11} = P_0 \cdot \pi \cdot R \cdot (R - r) \cdot (1 - e^{-\frac{2\beta \cdot m_1 \cdot l}{R-r}}), \quad \text{Н}; \quad (4.12)$$

мұндағы P_0 – престоге сақина бетімен бетондық қоспаға қалқанның ұзына бойлық бағытында түсетін

$$\text{меншікті қысым күші, Па, } P_0 = \frac{W^0}{S_\delta};$$

S_δ – бетондық сақина қимасының ауданы, м^2 ;

$$S_\delta = \pi \cdot (R^2 - r^2);$$

R – қалқан қабықшасының ішкі радиусы, м;

r – қалыптаманың сыртқы радиусы мен тоннельдің радиусы, м;

β – бетон қоспасына бүйір қысымның берілу коэффициенті, 0,3–0,5 тең;

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

e – бетондайтын бекітпе сақинасының ені, м.

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

$$W_3^{11} = \frac{W^0 \cdot R}{R + r} \cdot (1 - e^{\frac{2\beta \cdot m_1 \cdot l}{R-r}}), \quad \text{Н.} \quad (4.13)$$

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

$$W_4 = G_1 \cdot g \cdot m_1 \cdot k, \quad \text{Н;} \quad (4.14)$$

мұндағы G_1 – қалқанмен бірге жылжитын ұңғымалық комплекс элементтерінің жылжып қозғалуына қарсы жергілікті кедергілерді есептейтін коэффициент, көп жағдайларда $k=2$, $m_1=0,5$ тең. Сондықтан, 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 жүк көтергіштігін анықтау үшін пайдалануға болады.

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

Бір домкраттық есептік күші $P_0 = \frac{P}{n}$, мұндағы n –

домкраттардың саны. Гидродомкраттардың қысымдық күші майлы сорап станциясы арқылы жасалады.

Майлы станция май ағынынан, сораптардан, әр түрлі типтегі бөлгіштер мен бақылау-реттеу аппаратурасынан тұрады. Қарастырылған ұңғымалық комплекстердің гидросхемаларында

радиалды поршеньдік, шестернялық және қалақ-күректі сораптар ең көп қолданылады (4.8-кесте).

Әр гидродомкрат негізінде өзінің сорабынан қоректенеді, бірақ басқа да схемалар бар. Оларда домкрат екі сораптан немесе екі домкрат, екі сораптан қоректенеді. Жасап шығаратын зауытқа байланысты гидродомкраттар цилиндрлерінің ішкі диаметрлері 150, 200 және 250 мм болып келеді.

4.8-кесте

Гидродомкрат насостарының сипатамалары

Аттары	Маркалары	Май беру өнімділігі, л/мин	Қысымы, мПа	Қуаты кВт
Радиалды- поршеньдік	H-400	5	20	2,8
	H-401	18	32	11,5
	H-403	35	32	23,5
Шестернялық	HPP-125	50	20	85,0
	HШ-10	14,5	10	4,35
	HШ-32	46,5	10	14,0
	HШ-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

Мысал. Диаметрі 4,0 м қалқанның жылжып жүруіне керекті қысым күшін анықтаңыз. Тоннель құмдас жыныстарда 8 м тереңдікте ішкі диаметрі 3,5 монолитті-престелген бекітпемен жүргізіледі. Құмды жыныс табиғи ылғалды, ішкі үйкеліс бұрышы $\varphi=28^{\circ}$, ал тығыздығы $\gamma=0,5$; $f=0,5$. Қалқанның ұзындығы $l_{\text{ш}}=5,4$ м, қабықшасының қалыңдығы $\delta=5$ 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 есептегенде,

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

2. Профессор М.М. Протоdjаконовтың теориясы бойынша жыныстық опырылым күмбезінің биіктігін анықтаймыз.

$$H_{\text{св}} = \frac{B}{2 \cdot f} = \frac{D_{\text{и}} + 2 D_{\text{ш}} \cdot \text{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}{2 \cdot f} = \frac{4 + 2 \cdot 4 \cdot \text{tg} 31^\circ}{2 \cdot 0,5} = 8,8 \text{ м}.$$

Тоннельдің салыну тереңдігі (8 м) опырылым күмбезінің биіктігінен кем екенін есептей келе, тоннель тереңдігін бұдан кейінгі есептерге қабылдаймыз.

Қалқанға түсетін меншікті тік жүктеме:

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

Қалқанға түсетін меншікті жазық жүктеме:

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

Қалқанның сыртқы бетінің жыныспен үйкеліс күшін жеңетін кезекті қысым күші.

$$W_2 = [2(P_B + P_r) \cdot L_{\text{и}} \cdot D_{\text{и}} + G \cdot g] \cdot \underline{m} = [2(136 + 49) \cdot 5,4 \cdot 4 + 90 \cdot 10] \cdot 0,5 = 4446 \text{ кН}$$

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

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

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

$$W_4 = 30 \cdot 10 = 300 \text{ кН.}$$

Онда,

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

(4.13) формулаға кіретін тұрақты мөлшерлерді қабылдай отырып:

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

$$\beta = 0,4; \quad m_1 = 0,5, \quad l = 1,5 \cdot l = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75 \text{ i.}$$

$$W_3 = \frac{1705 \cdot 19,5}{1,95 + 1,75} \cdot \left(1 - \alpha^{\frac{2 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,75}{1,95 - 1,75}} \right) = 7010 \text{ кН}.$$

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

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

Қалқандық домкраттардың қосынды қысым күші, толық есептік кедергі күштерден еселеуіш коэффициенттің K_3 мөлшеріне артық болуы тиіс:

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

Тәжірибелік жұмыстардың тапсырмасы

Берілген деректер бойынша тоннель құрылысындағы қалқандық комплекстің жылжуына керекті домкраттардың, толық есептік қысым күштерін есептеп анықтаңыз. Бастапқы деректер 9-кестеде қалқандардың техникалық сипаттамаларына келтірілген [6].

Бастапқы деректер

№ к/к	Көрсеткіштер	Варианттар										ротор. ТПБ-3
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Қалқан диаметрі, Д, мм	2100	2600	2600	5600	2024	3200	5624	5070	5200	5624	
2	Қалқанның ұзындығы, а _к , мм	3060	3120	3120	5720	2700	4000	5517	7000	5660	4510	
3	Қалқандық комплексінің типі	роторлық	роторлық	алпаңа	планетар	тенселігіш	тандамалы	алпаңа	экскават.	тандамалы		
4	Қалқанның (комплексінің) маркасы	КПЦ-2,1Б	КПЦ-2,6	ППЦМ-2,6	105 Т	СКБ	ППЦМ-3,2	ППЦМ-17	ТМ-507	ППЦМ-5,2		
5	Жалынс түрлері	катқан саз	тығыз саз	құмдақ саз	саздық	мергель	ақсас	құм	койгасы-машатас	саздық	саздық	
6	Бекемдік коэффициенті, Г	1,5	1,0	0,2	3,0	2,0	4,0	0,5	1,2	3,0	5,0	
7	Жалынстардың тығыздығы, γ, г/см ³	1,95	2,10	1,90	2,05	2,15	2,5	1,75	2,25	2,05	2,45	
8	Жалынстардың ішкі үйкеліс бұрышы, φ, градус	20	23	22	20	34	27	32	38	22	30	
9	Қалқан үстіндегі жалынс қалыңдығы, мм	8	10	15	40	12	20	55	50	45	60	
10	Қалпанның түрі	тобығ	тобығ	тобығ	тобығ	тобығ	тобығ	тобығ	тобығ	тобығ	тобығ	
11	Бекігіс сакынасының 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	Платформадғы жалынстардың массасы, G ₁ , т	2,0	2,5	2,6	18,0	2,2	3,5	22,0	27,0	20,0	-	

4.13.2. Ұңғымалық қалқандар мен комплекстердің өнімділігін есептеу негіздері

Қалқанның өнімділігін анықтаған кезде жыныстарды қазу және тиеу, қазбаны бекітпеу жұмыстарының ұзақтығы есепке алынуы керек. Тоннель құрылысы циклінің ұзақтығын есептей келе қалқан өнімділігін шамасына, ауысым бойынша салынған тоннельдің ұзындығын қабылдайды. Өнімділіктің көмекші шамасы ретінде, сол уақыт бойынша массиві бұзылған жыныстардың көлемін қабылдайды. Ол әр түрлі өлшемдері бар қалқандардың өнімділіктерін салыстыруға, сонымен қатар жыныстарды тасымалдауды есептеуге керек.

Ұңғымалық қалқанның өнімділігі немесе тоннель құрылысының жылдамдығы көптеген факторларға тәуелді. Олардың негізгілеріне – атқарушы бөлшек пен құралдың типі, жынысты тиеу тәсілі, кесек қалағыштың типтері мен қазба есебінің ұзындығы жатады.

Жалпы ұңғымалық қалқанның өнімділігі – оның жұмыс жағдайларымен, режимдік және конструктивтік параметрлері және уақыт бойынша пайдалану дәрежесімен анықталады.

$$\alpha = 60 \cdot t \cdot v_n \cdot k, \text{ м/ауысым}. \quad (4.15)$$

$$V = 60 \cdot t \cdot S \cdot v_n \cdot k, \text{ м/ауысым}; \quad (4.16)$$

мұндағы α – қалқанның өнімділігі немесе тоннель құрылысының ауысымдағы жылдамдығы;

v_n – тоннельді ұңғылау мен бекітпелеудің таза жылдамдығы, м/мин;

k – қалқанды уақыт бойынша пайдалану коэффициенті;

V – бұзылған және тиелген жыныстардың тұтас кезіндегі көлемі, м³;

S – кенжардың көлденең қимасының ауданы, м;

t – ауысымның ұзақтығы, сағат.

Қалқанның конструктивтік ерекшеліктерінен, көмекші жұмыстарға байланысты барлық тоқтауларды k коэффициенті

арқылы есептейді. $k=1$ қабылдағанда – теориялық, $k=k_{\text{тех}}$ үшін – техникалық, $k=k_3$ үшін эксплуатациялық өнімдіктер болады.

Циклдің (өнімді жұмыс уақыты) теориялық уақыты:

$$T_{\text{ц.т}} = t_p + t_{\text{пог}} + t_k, \text{ мин}; \quad (4.17)$$

мұндағы t_p – кенжарды қазу және жынысты тиеу уақыттарының ұзақтығы, мин;

$t_{\text{пог}}$ – кенжарды қазу уақытымен бірлеспеген жынысты тиеу ұзақтығы, мин;

t_k – кенжарды қазумен бірлеспеген бекітпелеу ұзақтығы, м.

Әр түрлі қалқандарда бұл операциялар толығымен немесе жартылай бірге атқарылуы мүмкін. Онда:

$$V_n = V_{\text{под}};$$

мұндағы $V_{\text{под}}$ – жылжу жылдамдығының ең үлкен мөлшері.

Ұңғылардың және бекітпелеудің таза жылдамдығы мынаған тең:

$$V_n = \frac{l}{T_{\text{ц.т}}} = \frac{l}{t_p + t_{\text{пог}} + t_r}, \text{ м/мин}; \quad (4.18)$$

мұндағы l – қазба енбесінің ұзындығы, м;

$$t_p = \frac{l}{V_{\text{па}}};$$

1) Роторлық және теңселмелік атқару бөлшектері үшін $V_{\text{под}}$ – жылжудың ең үлкен жылдамдығы, ол кесуді анықтайтын параметрлерге, кескіштердің санына, орналасуына, жылжыту күшіне, атқару бөлшегінің айналдыру немесе теңселтуі, жүргізілгіш двигателінің қуатына тәуелді:

$$V_{\text{под}} = Z_p \cdot h \cdot n, \text{ м}; \quad (4.19)$$

мұндағы V – атқарушы органның бір айналу кезіндегі кенжардың бір сақиналық бетінен жоңқаны кезегімен алатын кескіштер саны;

h – бір кескіштен алынатын жоңқаның қалыңдығы, м;

n – атқарушы бөлшектің айналу немесе теңселу саны.

2) Құрамалы алаңшалары бар қалқандарда жылжыту – ең үлкен жылдамдығының мөлшері, қалқанның өзінің жылжу

жылдамдығына тең. Оның мағынасы – домкраттарды коректендіретін сораптық станцияның немесе тиейтін құралдардың өнімділігімен анықталады.

Бірінші жағдайда:

$$V_{\text{под}} = \frac{Q_{\text{нас}} \cdot K_{\text{нас}} \cdot l}{V_{\text{ц}} \cdot n_{\text{дом}}}, \text{ м/мин}; \quad (4.20)$$

$$t_{\text{р.н}} = \frac{V_{\text{ц}} \cdot n_{\text{дом}}}{Q_{\text{нас}} \cdot K_{\text{нас}}}, \text{ м/мин}; \quad (4.21)$$

мұндағы $V_{\text{ц}}$ – бір қалқандық домкрат штогінің l мөлшеріне

$n_{\text{дом}}$ – қалқандық домкраттардың саны (қалқанды жылжытуға қатысатын);

$Q_{\text{нас}}$ – сораптық станцияның өнімділігі, м³/мин.

$K_{\text{нас}}$ – сораптық станцияның өнімділігін төмендетін жүйедегі майдың ағып кетуін, т.б. факторларды есептейтін коэффициент;

$t_{\text{р.г}}$ – қазу және жылжу уақыты, мин.

Тиеу уақыты екінші жағдайда мынаған тең:

$$t_{\text{р.н}} = \frac{\pi \cdot D_B^2 \cdot l \cdot K_p}{4 \cdot Q_{\text{п.о}}}, \text{ м/мин}; \quad (4.22)$$

мұндағы K_p – жыныстық қопсу коэффициенті;

$Q_{\text{п.о.}}$ – тиейтін бөлшектің өнімділігі, м³/мин.

Есептік мағынаға $t_{\text{р.г}}$ анықталған үлкен мөлшер қабылданады.

Жебелік (стрелалық) бөлшегі бар қалқандардың кенжарды қазу уақытының ұзақтығы:

$$t_{\text{р.с}} = \frac{\lambda \cdot \Delta \cdot \pi \cdot D_B^2}{4 \cdot F \cdot V_{\text{п.п}}}, \text{ м/мин}; \quad (4.23)$$

мұндағы λ – кенжардағы жыныстардың бір бөлігінің

бұзылуын есептейтін коэффициент, бұл

жағдай бұрғыбастың жоңқаны жонбай қозғалған

кезінде болуы мүмкін, ол осы бұзылған бөлек ауданының қатынасын көрсетеді;

Δ – атқарушы бөлшектің қазба еңбесіндегі қарпуының саны;

$V_{п.п}$ – берілге тау-геологиялық жағдайдағы атқарушы бөлшектің көлденең қозғалу мүмкіндігінің ең үлкен жылдамдығы, м/мин.

F – бұрғыбастың бүйірлік проекциясының ауданы, $F = d_{cp} \cdot B$; мұндағы d_{cp} – атқарушы бөлшектің жиектеуші кескіштері бойынша бұрғысбастың орташа диаметрі.

B – атқарушы бөлшектің ең үлкен қамтуының (жыныстар массивіне тереңдеуінің мөлшері), м.

$$\Delta = \frac{l}{b}.$$

Онда:

$$t_{p.c.} = \frac{\pi \cdot \lambda \cdot D_b^2 \cdot l}{4 \cdot l \cdot d_{cp} \cdot v_{n.n}}, \text{ мин}, \quad (4.24)$$

4) Экскаваторлық атқарушы бөлшегі бар қалқандар үшін:

$$t_{p.э.} = \frac{\pi \cdot \lambda \cdot D_b^2 \cdot l \cdot t_{ков} \cdot K_p}{4V_э \cdot K_3}, \text{ мин}, \quad (4.25)$$

$V_э$ – шөміштің сыйымдылығы, м³;

$K_3 = 0,3-0,8$ – шөміштің толтыру коэффициенті;

$t_{ков}$ – шөмішпен кенжарды қазуда жынысты тиеудегі бір операцияның орташа ұзақтығы, мин. Кенжарлық конвейердің өнімділігі, атқарушы бөлшектің ең үлкен өнімділігіне сай болуы тиіс.

5) Бекітпелеу уақытын анықтау.

Құрастырмалы бекітпені қолданған кезде t_k – мөлшері бекітпелеу операциялары уақытының ұзақтық қосындысына тең болады.

Жалпы жағдайда:

$$t_k = t_{дом} + \pi_k \cdot t_{n.з} + (n_k - 1) \cdot t_{м.к} + t_{з.к}, \text{ мин}, \quad (4.26)$$

мұндағы $t_{дом}$ – басқа операциялармен бірлеспейтін қалқандық домкраттардың штоктарын

- жинайтын уақыттың ұзақтығы, мин;
 $t_{п.з}$ – басқа операциялармен бірлеспейтін бекітпенің бір элементін бекітпе қалағыштың қармауышына беріп, бекітуге кететін уақыттың ұзақтығы, мин;
 $t_{м.к}$ – құлыптылығынан басқа, бекітпенің бір элементін монтаждауға кететін уақыттың ұзақтығы, мин;
 $t_{з.к}$ – бекітпенің құлыптық элементін монтаждау уақыты, мин;
 n_k – бекітпе сакинасындағы элементтер саны.

Секциялық алып-салмалы қалыптаманы пайдаланып, монометті престелген бетон бекітпесін тұрғызған кезде бір-бірімен бірлескен немесе бірлеспеген мынадай операцияларды жүргізеді: пресс-сакинаны орнату, қалыптаманың майланған кезекті секциясын орнату (құрастыру), бетон құбырын пресс-сакинаға қосып, бетон қоспасын беретін тесікті ашу (ұзақтығы $t_{под}$), пневмобетон бергішті бетон құбырына және сығылған ауа жүйесіне жалғастыру, вентильдерді ашу, қаптама сыртындағы кеңістікке бетон беру, бетон құбыры мен сығылған ауа жүйесінен пневмобетон бергішті ағыту ($t_{п.б}$), барлық p_b – пневмобетон бергіштермен жоғары айтылған операцияларды қайталау; пресс-сакинадағы бетон қоспасы беретін тесікті жабу, бетон құбырынан ағытып тастау ($t_{под}$), кенжарды қазумен бір уақытта қалқанды енбеге жылжыту, жынысты тиеу және бетон қоспасын престеу ($t_{пресс}$) пресс сакинаны бастапқы орнына қайтару (қалқанға қарай), қалқан қабыршағын жыныстар мен бетон қалдықтарынан тазалау ($t_{зак}$).

Қалыптаманың кезекті секциясын бөлшектеу, жоғарғы элементтерінің беттерін майлау, барлық секцияларды алға жылжыту, ол жұмыстар басқа операциялармен параллель жүргізіледі.

Қалқанның өнімді жұмысының ұзақтығы:

$$T_{пресс} = n_b \cdot t_{п.б} + t_{пресс}, \quad \text{мин.} \quad (4.27)$$

Ұңғымалық қалқанның техникалық өнімділігі, ауысым бойындағы оның мүмкін болатын ең үлкен орташа өнімділігіне тең.

$$l_{mex} = \frac{60 \cdot m \cdot l}{T_{ц.м}} \cdot K_{mex}, \quad \text{м/ауысым}; \quad (4.28)$$

$$K_{mex} = \frac{T_{ц.м}}{T_{ц.м} + T_{np}}; \quad (4.29)$$

мұндағы K_{tex} – қалқанды техникалық пайдалану коэффициенті;

T_{np} – қалқанды техникалық күтуге және жөндеуге байланысты тоқталу уақытының ұзақтығы, мин.

$$T_{np} = t_{y.n} + t_{з.и} + T_{np}, \quad \text{мин}; \quad (4.30)$$

мұндағы $T_{np} = t_{з.л} + t_{p.к}, \quad \text{мин};$

$t_{y.n}$ – қалқандағы болатты сынбаларды қайта жөндеуге кететін уақыттың орташа ұзақтығы, мин.

$t_{з.и}$ – құралды алмастыру ұзақтығы, мин.

$t_{з.л}$ – қалқанның артқы жағының астауын тазалау ұзақтығы, мин.

$t_{p.к}$ – қаптама элементтерін түсіру уақытының ұзақтығы, мин.

Өнімсіз операцияларға кететін уақыт шығыны элементтерінің ұзақтығы бір жағынан, қалқандардың конструктивтік және режимдік параметрлерімен байланысты. Екіншіден, жұмысшылардың мамандық деңгейіне, құралдар мен қосалқы бөлшектердің жеткілкті болуына тәуелді. Бұл уақыттар көп жағдайда статистикалық деректерді талдау мен өңдеу арқылы анықталады.

Қалқандардың кезектегі жөндеулері, тоннельдегі жұмыс орнына жүргізіледі. Қалқандағы бұзылған жерлерін жөндеу ұзақтығының сандық мөлшерлері қалқанның сенімділігіне ғана байланысты емес, оның жөндеу жарамдылығына да тәуелді.

Қалқанның бүтін жарамды жұмыс уақытының үлесі дайындық коэффициентімен (K_r) анықталады, ол қалқанның күрделілігіне байланысты орташа 0,88-ден 0,96 дейін өзгереді.

$$K_{\varepsilon} = \frac{T_{ц.м}}{T_{ц.м} + t_{у.н}}; \quad (4.31)$$

$$t_{у.н} = T_{ц.м} \cdot \left(\frac{1}{K_{\varepsilon}} - 1 \right), \quad \text{мин.}$$

Онда:

$$T_{np} = t_{з.и} + T_{ц.м} \left(\frac{1}{K_{\varepsilon}} - 1 \right) + T_{np}, \quad \text{мин}; \quad (4.32)$$

$$K_{mex} = \frac{1}{\frac{1}{K_{\varepsilon}} + \frac{t + T_{np}}{T_{ц.м}}}. \quad (4.33)$$

Құралды ауыстыру ұзақтығы:

$$t_{з.и} = \frac{(t_{з.и} + t_{ман}) \cdot l}{l}, \quad \text{мин}; \quad (4.34)$$

мұндағы $t_{з.и}$ – құралды ғана ауыстыруға кететін уақыт, мин;

$T_{ман}$ – дайындық және қорытынды операциялардың ұзақтығы, ол құралды ауыстыру үшін атқару бөлшегін кейін шығару және ауыстырғаннан кейін, кенжарға қарай қайта апару уақыттарын есептейді, мин;

l – қалқан тоқтағанға дейінгі құралды ауыстырғаннан кейінгі кездегі өтілген тоннельдің ұзындығы, м.

Қалқанның артқы бөлігіндегі астауды тазалау ұзақтығы, $t_{з.л}$ көптеген жағдайларда жыныстардың сипаттамасы мен олардың бұзылу сипатына, қалқанның диаметріне тәуелді болады және ол еңбе бойынша 1-ден 5 мин-қа дейін өзгереді.

Қаптама элементтерін түсіру ұзақтығы бекітпелеу циклі бойынша, олардың массасына және өлшемдеріне байланысты $t_{р.к} = 1-3$ мин тең, оны $t_{р.к} = 2$ мин деп қабылдауға болады.

Монолитті-престелген бетон бекітпесін қолданған кезде:

$$T_{np.пресс} = t_{з.и} + t_{под} + t_{под} + t_{зак} + T_{пресс} \cdot \left(\frac{1}{K_z} - 1 \right), \text{ мин.} \quad (4.35)$$

Жартылай механикомандырылған қалқандардың техникалық өнімділігі:

$$l_{tex} = \frac{60 \cdot m \cdot l}{t_{разр.жс} + t_k} \cdot K_{tex.жс}, \quad \text{м/ауысым.} \quad (4.36)$$

Тиеуші бөлшектің өнімділігі мынаған тең болуы керек:

$$V_{т.жс} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot k_p}{4 \cdot t_{разр.жс}}, \quad \text{м}^3 / \text{мин.} \quad (4.37)$$

Мұнда қолмен немесе жартылай механикаландырылған құралмен кенжарды қазудың және жыныстарды тиеуіш конвейерге не басқа да тиеуіш бөлшекке қолмен тиеудің, белгілі тау-геологиялық жағдайлардағы жылдамдығы мен уақытының ұзақтығы, қалқан диаметріне, жұмысшылардың санына, қалқандық домкраттарды қоректендіретін сораптық станцияның өнімділігіне байланысты.

Түрлі диаметрлі қалқандарды әр түрлі тау-гелогиялық жағдайларда қолданғанда жүргізілген хронометраждық бақылау нәтижесінде алынған деректерді, есептеу жұмыстарында басшылыққа алуға болады:

Қалқанның диаметрі $D=2600$ мм және енбенің ұзындығы $l=0,7$ болғанда, $t_{разр.жс} = 30-80$ мин;

– $D = 3200$ мм, $l = 0,75$ болғанда, $t_{раз.жс} = 30-100$ мин;

– $D = 4000$ мм, $l = 0,75$ болғанда, $t_{раз.жс} = 40-120$ мин;

– $D = 5000$ мм, $l = 1,0$ болғанда, $t_{раз.жс} = 50-60$ мин.

Бекітпелеу уақыты мен қалқанның техникалық пайдалану коэффициенті $K_{теж.жс}$, механикаландырылған қалқандар сияқты (25) және (28) формулаларымен анықталады, бірақ бұл кезде $t_{з.и} = 0$ болады.

Ұңғымалық қалқандық комплекстің эксплуатациялық өнімділігі деп – ауысым бойында нақты тау-геологиялық жағдайларда салынған тоннельдің фактілік ұзындығын айтады. Сондықтан, ол қалқанның конструкциясына тәуелді емес,

барлық көмекші операцияларға және ұйымдастыру-техникалық кемшіліктеріне кететін толық уақыт шығындарын есептей отырып анықталады.

Уақыт шығынының мөлшері – жұмысшылар мен инженер-техникалық қызметкерлердің мамандығына, жалпы жұмысты ұйымдастыру деңгейлеріне байланысты.

$$l_3 = l_{mex} \cdot K_3 = \frac{60 \cdot m \cdot l}{T_{ц.м}} \cdot K_{mex} \cdot K_3, м / ауысым; \quad (4.38)$$

мұндағы K_3 – қалқан конструкциясына байланысты емес уақыт шығыны коэффициенті, 0,5-тен 0,9 дейін өзгереді.

K_3 – есептік мөлшері тәжірибелі орташа деректерге байланысты $K_3 = 0,5-0,7$ тең қабылданады.

Мысал.

Диаметрі 2600 мм ПЩМ-2,6 қалқаны бар КЩ-2,6Б механикаландырылған комплекс бір енбелі винттік планшайбасы ($l=1$), адымы 0,1 м $l \leq 1,2$ әлсіз жыныстарда тоннель құрылысын жүргізуге роторлық атқарушы бөлшекпен жасақталған; планшайбаның айналу жиілігі $n=0,8$ айн/мин. Бекітпе сақинасының ені (енбе) $l=0,7$ м. Бекітпе – құрастырмалы темірбетондық кесектер. Бекітпе қалағыш рычагты. Ауысым – 7 сағаттық ($m=7$).

Шешімі.

Тәжірибелік деректерге байланысты, пластикалық кескішпен алынатын жоңқа ең үлкен мүмкін шаманың жартысына, яғни винттің адымына тең. Жынысты жинау керек емес ($t_{ног}=0$). Енбе $l=0,7$ м болғанда, хронметраждық бакылау нәтижесінде бекітпелеу ұзақтығы $t_k=13$ мин.

$$(18) \text{ және } (19) \text{ бойынша } g_{нод} = z_p \cdot h \cdot n = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 0,8 = 0,04 \text{ м/мин.}$$

$$t_{p.p} = \frac{l}{g_{нод}} = \frac{0,7}{0,04} = 17,5 \text{ мин.}$$

Қалқанның өнімді жұмыс уақыты (4.17) бойынша:

$$T_{ц.м} = t_{p.p} + t_{ног} + t_{к} = 17,5 + 0 + 13 = 30,5 \text{ мин.}$$

$$g_n = \frac{l}{T_{ц.м}} = \frac{0,7}{30,5} \quad 0,023 \text{ м / мин.}$$

Жоғарыда келтірілген жыныстарда тоннель құрылысын жүргізгенде бір оқпан мен, екіншісінің аралығында құрамды ауыстырудың қажеттігі жоқ, яғни $t_{3.и}=0$.

Хронометраждық байқаулар нәтижесінде бекітпелеу үшін астауды тазалау ұзақтығы орташа $t_{3.л}=2$ мин болады; бекітпе кесектерін түсіріп қалауды біріктіріп бастайтын қосынды уақыт $t_{p.к}=2$ мин.

Онда,

$$T_{np.пресс} = t_{3.л} + t_{p.к} = 2 + 2 = 4 \text{ мин.}$$

Қабылданған қалқанның дайындық коэффициентін, оның орташа күрделілігі мен жыныстардың сипаттамасын есептей отырып, $K_r = 0,9$ деп қабылдаймыз.

Онда (31) формула бойынша:

$$T_{np} = t_{3.и} + T_{ц.м} \left(\frac{1}{K_r} - 1 \right) + T_{np} = 0 + 40,5 \left(\frac{1}{0,93} - 1 \right) + 4 = 6,3 \text{ мин.}$$

Қалқанның техникалық өнімділігі:

$$l_{mex} = \frac{60 \cdot m \cdot l}{T_{ц.м}} \cdot K_{mex} = \frac{60 \cdot 7 \cdot 0,7}{30,5} \cdot 0,83 = 8,0 \text{ м / ауысым.}$$

Қалқандық комплекстің эксплуатациялық өнімділігі – ұйымдастыру-техникалық себептерден болатын тоқтауларды есептейтін, эксплуатациялық уақыт шығыны коэффициентінің орташа мөлшері $K_3=0,65$ болғанда:

$$l_{mex} = l_{mex} \cdot K_3 = 8 \cdot 0,65 = 5,2 \text{ м / ауысым.}$$

Тәжірибелік жұмыстың тапсырмасы. Берілген қалқандық комплекстің тоннельді ұңғылаудағы техникалық және эксплуатациялық жылдамдығын есептеп, анықтаңыз. Бастапқы деректер 4.10-кестеде келтірілген.

Бастапқы деректер

№ к/к	Көрсеткіштер	Варианттар											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Тоннелалың диаметрі, м	2,1	2,6	2,6	5,6	2,024	3,2	5,6	5,00	5,2	5,62	5,00	5,2
2	Қалыңдығы типі	роторлық	роторлық	алыңша	алыңша	алыңша	алыңша	алыңша	алыңша	алыңша	алыңша	алыңша	алыңша
3	Қалыңдығы маркасы	КП-2,16	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6	КП-2,6
4	Жылжытқыш	Қақпан	Тығыз саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз	Құмдақ саз
5	Бекемдік коэффициенті, Γ	1,5	1,0	0,6	1,2	2,0	0,5	1,5	1,3	3,0	1,4	3,0	1,4
6	Қалыңдығы түрі	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш	төртбұрыш
7	Қалыңдығы өлшеуі	0,6	0,8	-	-	0,75	38	-	-	-	-	-	-
8	Бекемдік коэффициенті, Γ	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
9	Жоғалатын қалыңдығы, м	0,06	0,05	-	-	0,05	-	-	-	0,02	-	-	-
10	Қосқы коэффициенті, Γ	1,3	1,2	1,2	1,4	1,3	1,3	1,25	1,1	1,3	1,4	1,1	1,4
11	Төртбұрыштың өлшеуі, м	0,3	0,3	0,5	-	0,2	0,7	-	-	1,2	-	-	-
12	Бекемдік коэффициенті, Γ	1,3	1,3	1,3	2,5	1,2	1,5	2,5	2,5	2,5	60	2,5	60
13	Қалыңдығы айнама	0,9	0,93	0,93	0,90	0,93	0,90	0,93	0,85	0,92	0,90	0,85	0,90
14	Қалыңдығы айнама	180	240	-	-	150	150	-	-	180	-	-	-
15	Қалыңдығы айнама	70	140	-	-	120	100	-	-	120	-	-	-
16	Бұрыштың айнама	-	-	-	-	-	1,2	-	-	1,1	-	-	-
17	Астыңғы айнама	2	2	2	5	2	4	5	7	7	8	7	8
18	Қалыңдығы айнама	1	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2	-
19	Қалыңдығы айнама	4	5	5	8	4	6	8	8	8	-	8	-
20	Қалыңдығы айнама	0,8	0,75	0,78	0,7	0,8	0,7	0,7	0,65	0,68	0,65	0,65	0,65
21	Қалыңдығы айнама	0,95	-	-	-	-	-	-	-	0,96	-	-	-
22	Шеңбердің айнама	-	-	-	0,7	-	-	0,7	-	-	0,8	-	0,8
23	Шеңбердің айнама	-	-	-	0,8	-	-	0,82	-	-	0,85	-	0,85
24	Шеңбердің айнама	-	-	-	1,0	-	-	1,0	-	-	1,2	-	1,2

Бақылау сұрақтары

1. Қалқандық тәсілдің мәні?
2. Ұңғымалық қалқандардың негізгі геометриялық параметрлеріне нелер жатады?
3. Қалқандардың жіктемесі, негізгі жұмыс үрдістерінің дәрежесі бойынша конструктивтік жағына қарай қалай бөлінеді?
4. Қалқандардың атқару бөлшектерінің типтері?
5. Роторлық атқару бөлшегі бар қалқандар, олармен қандай тау-геологиялық жағдайларда тоннельдер жүргізуге болады?
6. Экскаваторлық атқару бөлшегі бар қалқандардың артықшылығы, қолдану аймағы?
7. Тоннельдер құрылысын қалқандық тәсілмен жүргізудегі негізгі технологиялық операциялар?
8. Құрастырмалы қаптаманы тұрғызу технологиясы?
9. Монометті престелген қаптамаларды қалқандармен тұрғызу технологиясы?
10. Қалқандық комплекстердің құрамы. Алматы метрополитеніндегі комплекстің жұмысын ұйымдастырудың технологиялық схемасы?
11. Қалқанның ілгері жүруін бақылау тәсілдері?
12. Қалқанды алға жылжытатын күштерді анықтау?
13. Ұңғымалық қалқандар мен комплекстердің өнімділігін есептеу негіздері?
14. Роторлық және теңселмелік атқару бөлшектері үшін ең үлкен жылдамдық?
15. Жебелік (стрелалық) атқарушы бөлшегі бар қалқандардың кенжарды қазу уақытының ұзақтығы?
16. Экскаваторлық атқарушы бөлшегі бар қалқандар үшін, кенжарды қазу уақыты?
17. Ұңғымалық қалқанның техникалық өнімділігін анықтау.
18. Ұңғымалық қалқандық комплекстің эксплуатациялық өнімділігін анықтау жолдары?

5. МЕТРОПОЛИТЕННІҢ ТІК НЫСАНЫ – ОҚПАН ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

5.1. Тік оқпандардың көлденең қимасының пішіні мен өлшемдері, оқпанды жүргізетін технологиялық схеманы таңдап қабылдау

Оқпан қимасының пішінін таңдау – бірнеше факторларға байланысты. Оның ішінде ең маңыздылары: оқпанның қызмет мерзімі, оқпан құрылысы кезіндегі болатын су құйылымы, бекітпе материалдары және шахтаның өндірістік қуаты.

Кен ісі дамуының алғашқы кезеңдерінде шахтаның өндірістік қуатының шағын, оның пайдалану уақытының қысқа және тереңдігінің аз болуына байланысты, оқпанның көлденең қимасының пішіні төртбұрышты, ол бекітпелері негізінен ағаш. Соңғы уақытта, оқпандар жұмысының ауырлығы (тау қысымының, су құйылымының, өрт қауіптілігінің ұлғаюын) мен жөндеу жұмысына кететін шығынның өсуіне орай, оқпанда ағаш бекітпелер сирек қолданылады.

Шашыранды кенқайранды өндіргенде, кенбарлау жұмыстарын жүргізген кезде терең емес тік оқпандарды ағашпен бекітеді.

Көтерме ыдыстардың (скиптер немесе клеттер) санына, түріне және өлшемдеріне байланысты, төртбұрыш пішінді оқпанның қара қазбалық өлшемдері мынадай: 4,0х4,3 м (негізгі скипті-клетті оқпан); 2,83х4,91 м және 2,62х3,66 м (түрлі мақсаттағы көмекші оқпандар).

Шахтаның өндірістік қуатының, оның қызмет уақыты мен қазбалардың тереңдігінің өсуі, оқпанды бекітпелеуге тұтас бетон, темір кесектері сияқты өте берік, ұзаққа шыдайтын материалдарды пайдалануды қажет етеді. Бұл материалдардың сығылу күштеріне қарсылығы өте жоғары. Ол бекітпелер конструкцияларында сығылу кернеуі оқпандар қимасының дөңгелек пішінінде ең үлкен дәрежеде болатыны белгілі. Қазіргі уақытта шахта құрылысында оқпандар қимасының дөңгелек пішіні барлық жерде жаппай пайдаланылуда.

Осы күнгі окпан құрылысы тәжірибесінде дағдылы тау-геологиялық орнықты жыныстарда және аздаған су құйылымы жағдайларында бекітпе материалы ретінде негізінен, тұтас бетон кеңінен қолданылуда. Тұтас бетон бекітпесінің негізгі артықшылықтары – қоршаған таужыныстарымен нық және тығыз байланысуы, сүйену тәждерін қолданбауға мүмкіндік береді; бекітпені тұрғызу жұмыстарын кеңінен механикаландыруға мүмкіндік туады; жоғары су өткізбеушілікке жеткізеді; окпанның ұзына бойымен ауаның қозғалуына аэродинамикалық кедергі біршама төмендейді, т.б.

Көмекші окпандарды орнықты жыныстарда, су құйылымы шамалы ортада салған кезде, таужынысының қабылдайтын, оларды әр түрлі атмосфералық (ылғал, температура айырмашылығы, т.б.) әсерлерден қорғау үшін, бекітпе ретінде бүрікпе бетонды пайдалануға болады. Тау қысымы жоғары болған кезде бүрікпе бетонды металл тор және анкерлі бекітпемен бірлестіре қолдануға болады. Ұстамсыз және өте сутұтқыш жыныстарда бекітпе ретінде – шойын түбингтер немесе металл қабыршық қаптамалар қолданылады. Ал бекітпе – сырты бетонмен толтырылып тығындалады.

Окпанның көлденең қимасының ауданы, олардың қандай қызметке арналғанымен анықталады. Қызметіне байланысты окпанның ауданы – көтерме, баспалдақ және құбыр-кабель бөлімшелеріне бөлінеді.

Негізгі окпанның сәулелі диаметрін графикалық түрде көтерме ыдыстарының, қарсы салмақтардың, арқаудың, баспалдақпен құбыр-кабель бөлімшелерінің орналасуын есептей келе анықтайды. Одан кейін табылған қиманың ауданын кенішті жеделдету шартымен тексереді [11,12].

Көмекші окпанның сәулелі диаметрі – материалдарды, жұмысшыларды, таужыныстары бар вагонеткаларды түсіріп-көтеретін клеттің габариттеріне байланысты.

Тау-кен кәсіпорындарын салу жұмыстарының ең күрделі, ең ұзақ процестеріне – окпанды өту жұмыстары жатады. Тік қазбаны қазу, бекіту және арқаулау (көтергіш ыдыстардың жүрісін қамтамасыз ететін кергіштерді, бағыттауыштарды,

құбыр-кабель, баспалдақ бөлімшелерін монтаждау) жұмыстарын ұйымдастыруға байланысты, тік оқпандарды өту технологиясының схемасы 4 түрге: тізбекті, параллель, бірлескен және параллель қалқанды схемаларға бөлінеді.

1. Тізбекті схема. Бұл технологиялық схемада таужыныстарын қазу мен бекіту жұмыстары әр мерзімде жүргізіледі. Оқпан тереңдігі бойынша ол болжамды түрде бөлімшелерге бөлінеді. Бөлімшенің тереңдігі, таужыныстарының бекемділігі мен тұрақтылығына байланысты (ағаш бекітпеде 15-20 м). Таужыныстарын қазу – жоғарыдан төмен қарай жүргізіледі (кей кездері уақытша бекітпелер тұрғызылады). Таужыныстары қазылып болған соң оған тіреу тәжі орналастырылып, содан кейін оның үстіне төменнен жоғары қарай тұрақты бекітпе тұрғызылады.

2. Параллель схема. Бұл технологиялық схемада оқпанның тереңдігі бойынша қатарлас бөлімшелерде таужыныстарын қазу және қазбаны бекіту жұмыстары әр мезгілде орындалады. Оқпан 5–15 м тереңдікке дейін өтілгеннен кейін ғана қазу жұмыстары тоқтатылады. Сосын екі бөлімшенің шекарасына сақтандырғыш аспалы сөре орналастырылып, тіреу тәжі жасалады. Сөренің үстіңгі бөлімшесінде төменнен жоғары қарай тұрақты бекітпе тұрғызылады, ал астыңғы бөлімшеде – таужыныстарын қазу жұмыстары жүргізіледі.

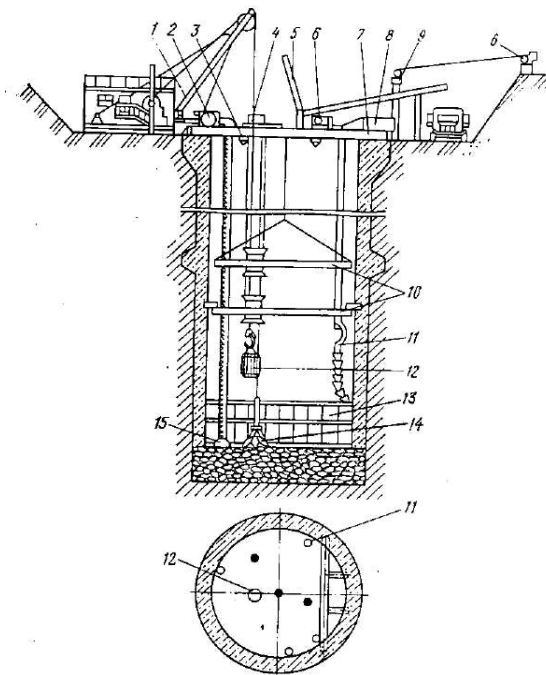
3. Бірлескен схема. Бұл технологиялық схемада кенжарда таужыныстарын қазу және бекітпені тұрғызу бір мезгілде орныдалады. Тұрақты бекітпе әр циклде қазбаның жылжуына байланысты жоғарыдан төмен қарай орнатылады, тіреу тәждері әрбір 20–30 м сайын жасалады, оған уақытша бекітпе қойылмайды.

4. Параллельді қалқанды схема. Бұл технологиялық схемада уақытша бекітпенің орнына, биіктігі 5 м-ден 15–18 м-ге дейін болат қалқан-қабықша (щит-оболочка) қолданылып, тұрақты бекітпе жоғарыдан төмен қарай тұрғызылады.

Оқпанды жүргізгенде технологиялық схемалар негізінен, оқпанның тереңдігі мен диаметрін ескеру арқылы таңдалады. Осы технологиялық схемалардың көп тарағаны – бірлескен

технологиялық схема. Өйткені, оны тереңдігі мен қимасы әр түрлі оқпанды өтуге қолдануға болады. Бұл жағдайда оқпанды бетонмен, бүрікпе бетонмен, анкер бекітпелерімен бекітуге болады.

Жоғарыда келтірілген ақпараттарды ескере отырып, Алматы метрополитені құрылысының жобасы бойынша жұмыс-монтаждық (негізгі) және желдету (көмекші) оқпандарды қазуды бірлескен технологиялық схемасымен жүргізуге болады деп шешілген (5.1-сурет).



5.1-сурет. Тереңдігі 130 м дейінгі оқпанды ұңғылаудың бірлескен схемасы:

1-жылжымалы көтерме қондырғы; 2-ПП-1,5 ұңғымалық шығыр
электршамы; (4-ЛППГ-пневматикалық шығыр; 5-төгетін қапқақ;
6-шығыр; 7-оқпан жаппасы; 8-бетон бункер; 9-бункерді аудару
иекiвiнiң фермасы; 10-iлме сөре; 11-бетон беретiн құбыр; 12-БП-1
ұңғымалық қауға; 13-құрастырмалы қалыптама; 14-КС-3
пневмотиегiш; 15-Н-1м кенжарлық сорап

5.2. Оқпанды өтудегі жыныстарды тиеу жұмыстары

Оқпанды өту кезіндегі жыныстарды тиеу үрдістері негізінен екі фазаға бөлінеді [12, 14].

Бірінші фазада – қопарылған жыныстар жақсы уатылып қопсыса, грейфер машинасы – қосымша жұмысты талап етпей өзі тиейді.

Ал екінші фазада – уатылған жыныстардың бір-біріне жабысып тығыздалуына байланысты грейфер, жыныстардың бәрін өзі бірден тией алмайды. Сондықтан, қосымша қол жұмыстарын талап етеді. Бұл фазада грейфердің өнімділігі күрт төмендейді. Қолмен жүргізетін грейфері бар тиеу машиналарына – КС-3 пневмотиеуші жатады.

КС-3 жабдығымен тиеу циклі мынадай операциялардан тұрады: машинаны алдын ала қопарылып дайындалған жынысты қауғамен алатын жерге қарай жылжытады. Сөйтіп грейфер, ашылған жақтарымен жынысқа қарай түсіріледі. Жынысты қауып алғаннан кейін грейфердің жақтары жабылады да, содан кейін грейферді қауғаның биіктігіне дейін көтереді де, қауға қарай туралай жылжытып, жынысты қауғаға түсіреді. Қауға таужынысына толған соң жер бетіне, жоғарғы қарай көтеріледі.

Кенжардағы тиеу жұмыстары кезіндегі пневмотиеушіті жылжытуға керекті күш (P), оның іліну биіктігіне байланысты анықталады:

$$P = \frac{Q \cdot R}{h}, H; \quad (5.7)$$

мұндағы Q – тиеу машинасының салмақ күші; H ;

R – тік ілме осінен жынысты тиеуге дейінгі қашықтық, м;

h – грейфердің ілме биіктігі, $h = 15 \div 20$ м.

КС-3 пневмотиеушінің техникалық сипаттамасы 5.1-кестеде келтірілген.

КС-3 тиегішінің техникалық сипаттамасы

№/№ к/к	Көрсеткіш атаулары	Көрсеткіштері
1	Грейфердің сыйымдылығы, м ³	0,22
2	Эксплуатациялық өнімділігі, м ³	15
3	Қысылған ауа шығыны, м ³ /мин	8,2
4	Пневмокөтергіш цилиндрінің адымы, мм	2500
5	Пневмокөтергіштің грейфермен бірге биіктігі, мм – ең үлкені – ең азы	7060 4400
6	Грейфердің диаметрі, мм – жабық жағдайда – ашық жағдайда	1120 1670
7	Пневмокөтергішпен бірге массасы, кг	900

Оқпанды жыныстарды тиеу жұмыстарының технологиялық сипаттамалары төмендегідей. Оқпанды желдеткеннен кейін, кенжарды қауіпсіз жағдайға келтіреді. Осы мақсатта оқпанға кен мастері (бригадир) және аттырушы түседі. Олар оқпанның кенжарға жақын жерінің бәрін қарап шығып, жарылыстың сапасын тексереді. Атылмай қалған жарылғыш заттардың бар-жоғын анықтайды. Оқпан бекітпесі мен механизмдерінің жағдайларын тексереді. Осыдан кейін оқпанға ұңғымаларшылар (проходчиктер) түсіп, жарылыстан болған бұзылуларды жөндейді.

Кенжарға тростар мен құтқару баспалдағы, дабылдау (сигналдау) кабельдері түсіріледі. Желдету – сығымдалған ауа, бетон беретін құбырлар арқылы ұзартылып, ілінбелі сөре түсіріледі. Сөйтіп, тиейтін машинаны жұмысқа дайындайды. Жыныстарды оқпанда тиеу өте қиын, әрі күрделі үрдістердің бірі болып саналады. Ол барлық уақыт циклінің 40% - ын алады.

Оқпанды жүргізген кездегі жыныстарды тиеудің күрделілігімен қиындығы мына жағдайларға байланысты: тиейтін машиналардың грейферлік атқару бөлшектері

жынысты жоғарыдан төмен қарай күреді (қабыл алады); жыныстарды шектеуші көлденең қимасы бар, биіктігі 2,2 м дейінгі қауғаларға тиейді, жұмыс алаңы кенжардың ауданымен шектеледі. Сондықтан, тиеу жұмыстары көлемі тар ауданда жүргізіледі. Себебі, ол жерде қауғалар, сутөкпе сораптары, т.б. қазба жабдықтары орналасады. Сонымен қатар, әр жарылыс алдында жоғарыда келтірілген барлық жабдықтар қауіпсіз қашықтыққа көтеріледі. Ал желдеткеннен кейін, қайтадан кенжарға түсіріледі.

Тереңдігі 200 м-ге дейінгі және кіші диаметрлі (сәулелі диаметрі 4 м-ге дейін) оқпандарды қазу үшін, көбіне қолмен басқарылатын КС-3 пневмотиегіші қолданылады. Бұл жағдайда жыныстарды тиеу жұмыстарын ұйымдастыру, тиегіштер мен қауғалар (яғни оқпанда бір уақытта істейтін) санына байланысты төмендегі нұсқауларға сай болуы мүмкін:

- 1) КС-3 пневмотиеуші жынысты бір қауғаға тиейді;
- 2) КС-3 екі пневмотиеуші, жыныстарды бір қауғаға тиейді. Бұл жағдайда кенжар екі тең бөлімге бөлінеді де, әр пневмотиеуші өз аймағында жұмыс істейді. Қауға осы екі аймақтың шекарасына қойылады;
- 3) Үш пневмотиеуші жыныстарды өздерінің екі қауғаларына тиейді. Ал үшінші пневмотиеуші – жыныстарды тиейтін жерге жеткізіп беріп тұрады.

КС-3 пневмотиегішінің артықшылықтары мыналар: бағасының арзандығы; жыныстарды тиер алдындағы дайындық жұмыстарына кететін уақыттың аздығы (10-15 мин); жұмыстан шығып қалған пневмотиегішті 10–15 мин арасында айырбастауға болады.

КС-3 пневмотиегішінің ең негізгі кемшіліктері – оның салыстырмалы өнімділігі және грейферді басқарып жүргізуге керекті қол жұмыстарының ауырлығы.

Грейферді механикаландырған жолмен басқаратын тиеу машиналарына мыналар жатады: ОСК; КС-2У/40; 2КС-2У/40; КС-1МА; КСМ-2У. Бұл тиеу машиналарының конструкциялары бір-біріне ұқсас және грейфердің сыйымдылығымен ерекшеленеді, ол қазба сөресінің төменгі жағында монтаждалады.

Бірлескен схемамен оқпанды өту кезінде оның терндігі мен диаметріне байланысты, механикаландырылған кешеннің құрамы мен олардың негізгі параметрлерін келесі деректерден алуға болады.

Оқпанның тереңдігі, м	200÷ 700		
Оқпанның сәулелі диаметрі, м	4,5-5,5	5,5-6,5	7-7,5
Ұңғымалық кешен (комплекс)	КС-2У	КС-2У	2КС-2У
Тиегіш машина	КСМ-2У	КС-2У/40	2КС-2У/40
Грейфердің сыйымдылығы, м ³	0,4	0,7	2 x 0,7
Қауғаның сыйымдылығы, м ³	3-5	3-5	3-8

КС-2У/40 - машинасының техникалық сипаттамасы 5.2-кестеде келтірілген

5.2- кесте

КС-2У/40 машинасының көрсеткіштері

№/№ к/к	Көрсеткіш атаулары	Көрсеткіштері
1	Грейфердің сыйымдылығы, м ³	0,65
2	Эксплуатациялық өнімділігі, м ³ /сағ	60-80
3	Сығымдалған ауаның жұмыс қысымы, МПа	0,6
4	Грейфердің жүк көтергішітігі, т	5,0
5	Грейфердің көтеру биіктігі, м	10,0
6	Күреу циклінің орташа уақыты, сек	25-30
7	Пневмотигательдердің орнатылған жалпы қуаты, кВт	57,1
8	Грейфердің биіктігі, м	7,0
9	Массасы, т	10

Жыныстарды көтеруге керекті қауғаны төмендегі формула бойынша таңдауға болады:

$$d_k = 0,6 \cdot d_2, \text{ м}, \quad (5.2)$$

мұндағы d_2 – грейфер жақтарының ашылғандағы диаметрі, м.

Қауғалардың түрлері және негізгі сипаттамалары 5.3-кестеде келтірілген.

5.3-кесте

Қағалардың негізгі сипаттамалары

Қағаның түрлері	Сыйымдылығы, м ³	Жүк көтергіштігі, кг	Корпусының диаметрі, мм	Корпусының биіктігі, мм	Қағаның массасы, кг	Тік құбырдың диаметрі, мм	Бағыттаушы кәсектің биіктігі, мм	Бағыттаушы кәсектің биіктігі, мм	Бағыттаушы кәсектің массасы
БПС -1	1,0	2200	1150	1100	356	1190	4020	1420	394
БПС -1,5	1,5	2700	1290	1250	605	1450	5100	1574	590
БПС -2	2,0	3600	1463	1350	730	1600	5200	1724	590
БПС -2,5	2,5	4700	1600	1400	878	1780	4675	1904	600
БПС -3	3	5600	1600	1600	938	1780	4675	1904	600
БПС -4	4	6800	1600	2100	1465	1780	5530	1830	835
БПС -5	5	9000	2050	1880	1696	2230	5530	2148	1000
БПС -6,5	6,5	11000	2050	2200	1780	2230	6180	2148	1000
БПН -0,5	0,5	-	800	-	190	-	-	-	-
БПН -0,75	0,75	-	950	-	320	-	1370	1446	152
БПН -1	1,0	-	1150	-	400	-	1370	1446	152

Мысал. Тік қазба жыныстарын тиеудегі КС-3 тиегішінің өнімділігін анықтау.

Бастапқы деректер: таужыныстарының қопсу коэффициенті - $K_k=1,6$; қолданылған шпурлардың немесе енбенің тереңдігі - $\ell_{инн}=2,2$ м; шпурлардың қолдану коэффициенті (КИШ) = 0,87.

Шешімі. КС-3 тиегішінің техникалық сипаттамасы бойынша грейфердің ашылу диаметрі $d_1=1,67$ м, тиеу циклінің ұзақтығы $t_{ц}=0,75$ мин; жыныстарды көтеру диаметрі $d_k=0,16 \cdot 1,67=1,0$ м-ден кем емес қауғаны қабылдаймыз, оның маркасы БПС-1/1150, сыйымдылығы 1 м^3 , диаметрі 1,15 м.

КС-3 тиегішінің өнімділігін анықтайық:

$$Q_3 = \frac{T - t_{3,a} - t_k}{\left[\frac{t_u \cdot K_k}{(v \cdot \kappa_3)} + \frac{t_3}{(\ell_{инн} \cdot \eta)} \right] \cdot K_d}, \text{ м}^3/\text{ауысым}; \quad (5.3)$$

мұндағы Q_3 – тиегіштің ауысымдық өнімділігі, $\text{м}^3/\text{ауысым}$;

T – ауысымның ұзақтығы, $T=360$ мин;

$t_{d,a}$ – дайындық-аяқтама операциялары, $t_{d,a}=100$ мин;

$t_{ц}$ – тиеу циклінің ұзақтығы, $t_{ц}=0,175$ мин;

K_3 – грейферді толтыру коэффициенті, $K_3=0,85$;

K_k – жыныстардың қопсу коэффициенті; $K_k=1,6$;

V – грейфердің көлемі, м^3 , $V=0,22 \text{ м}^3$;

t_3 – 1 м^2 ауданы тазалау уақыты (бір адамға 27,2 мин);

$\ell_{инн}$ – шпур тереңдігі, м;

η – шпурлары пайдалану коэффициенті;

K_d – жұмысшылардың демалу коэффициенті, $K_d=1,12$.

$$Q_3 = \frac{360 - 100 - 10}{\left[\frac{0,75 \cdot 1,6}{(0,22 \cdot 0,85)} + \frac{27,2}{(2,2 \cdot 0,87)} \right] \cdot 1,12} = 11,06 \text{ м}^3/\text{ауысым}.$$

Бір КС-3 тиегішімен жыныстарды тазалауды 2 адамнан тұратын буын (звено) атқарады, оның біреуі – көмекші

122

операцияларды орындайды. Яғни, осыған орай 1 адамның жұмыс нормасы $5,53 \text{ м}^3/\text{ауысымды}$ құрайды.

5.3 Оқпан өтудегі көтермені есептеу, көтерме қондырғысын таңдау

Оқпан өтудің қарқыны мен еңбек өнімділігі, көптеген жағдайларда көтерме қондырғысының түрін дұрыс таңдауға және оның басқа да ұңғыма жабдықтарымен үйлесуіне байланысты.

Оқпанды қазу барысында 1–2 барабанды көтерме машинасы, жалғау жабдықтары, қауға, бағыттаушы кәсек, бағытаушы канаттар, аударушы қондырғысымен копер және копердегі көтерме канаттарының шкивтері пайдаланылады. 2 барабанды көтерме машиналары да қолданылады. Көп жағдайларда 2 барабанды көтерме машиналарын орнатады. Екі көтерме машинасы қойылған жағдайда, қазбаны өту қауіпсіздігі жоғарылайды. Егер бір машина бұзылған жағдайда, екінші машина жұмысты тоқтатпайды және оқпанда қалған жұмысшыларға апатты жағдай тудырмайды.

Көтерме машинасы, таңдау есептеулер бойынша анықталады. Көтерменің өнімділігі алдын ала таңдалған тиегіш машинасының өнімділігін қамтамасыз етуі тиіс. Осыған орай, көтерме машинасын есептеу мына ретте жүргізіледі. Оқпанның тереңдігін, қауғаның қозғалу жылдамдығын және қауіпсіздік шарттарын ескере отырып, қауғаның бір сағаттағы көтеру саны анықталады.

Сөйтіп, 1 рейсте көтеруге керекті таужыныстарының көлемі табылады. Яғни, қанатқа түсетін соңғы жүкті көтеретін қанаттың диаметрі анықталады. Осы қанаттың диаметріне байланысты көтерме машинасы барабанның диаметрі және қанатты орналастыру мүмкіндігі, оның ені анықталады. Барабанның қажетті диаметрі мен еніне қарай, көтерме машинасы таңдалады.

Осы жағдайларды мысал ретінде есептен түсіндіре отырып, көтерме машинасының түрін таңдаймыз [13,14,15].

Мысал: бастапқы деректер ретінде Алматы метрополитені құрылыс аймағының тау-геологиялық жағдайларын аламыз. Жоспарланған оқпанның тереңдігі 40 м, оқпандағы жыныстарды тиеуге КС-2 У/40 тиегіш машинасы және 1 барабанды 2 көтерме машинасы алдын ала таңдалып алынды.

Шешімі: Көтерме қондырғысының өнімділігін, тиегіштің эксплуатациялық өнімділігіне тең деп қабылдаймыз. Көтерме – қауғыларды қайта ілу арқылы жүргізіледі. Бас қауға оқпанға түсірілгеннен кейін ағытылады, оның орнына таужыныстары тиелген қауға ілініп жалғанады. Тиелген қауғаны жоғарыға көтеріп қайта түсіргенше, келесі бос қауғаға таужыныстары тиеледі, осыған орай көтерме өнімділігі анықталады.

$$Q_k = 0,6 \cdot Q_c, \text{ м}^3/\text{сағ}; \quad (5.4)$$

мұндағы Q_c – КС-2У/40 тиегіштің өнімділігі, $\text{м}^3/\text{сағ}$;
0,6 – тиеу үрдістері кезіндегі үзілістерді ескеру коэффициенті.

$$Q_k = 0,6 \cdot 72 = 43,2 \text{ м}^3/\text{сағ}.$$

1 барабанды көтерме машинасының өнімділігі:

$$Q_{\text{бip}} = \frac{Q_k}{2} = \frac{43,2}{2} = 21,6 \text{ м}^3/\text{сағ}.$$

Мұнда 2 оқпанда бір мезгілде жұмыс істейтін көтерме машиналарының саны.

Бір сағаттағы мүмкін болатын көтерулер саны төмендегі формула бойынша анықталады.

$$n_k = \frac{3600}{T_{ц.п}}; \quad (5.5)$$

мұндағы $T_{ц.п}$ – қауғаны көтеру циклінің ұзақтығы, с.

Бірсоңды көтерме машинасы үшін қауғаны көтеру циклінің ұзақтығы мына формуламен анықталады:

$$T_{ц.н} = 2 \sum t + t_n, \text{ с}; \quad (5.6)$$

мұндағы t – қауғаның бір бағыттағы қозғалу ұзақтығы, с;

t_n – қауғаны жалғау, аудару және дабыл беру кезіндегі үзілістер, ($t_n=120 \div 140$ с).

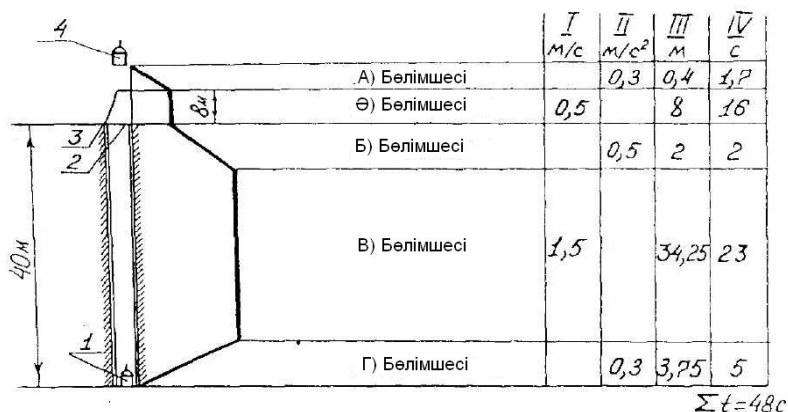
Қауғаның ең жоғары қозғалу жылдамдығы, қауіпсіздік ережелері бойынша мына мәннен аспауы тиіс:

$$v_{\max} = 0,4\sqrt{H} = 0,4\sqrt{40} = 2,53 \text{ м/с};$$

мұндағы H – окпанның тереңдігі, м.

Белгілі көтерме машиналарының мүмкіндігіне қарай, ең жоғарғы қозғалу жылдамдығын $v_{\max}=1,5$ м/с деп қабылдаймыз.

Қауғаның қозғалу ұзақтығы график бойынша анықталады (5.2-сурет). График мына кезекпен тұрғызылады.



5.2-сурет. Тереңдігі 100 м дейінгі окпанды өтудегі қауғаның қозғалу циклінің ұзақтығын анықтау графигі

1 – кенжардағы қауға; 2 – нөлдік алаңша; 3 – аудару станогы;

4 – аудару станогының үстіндегі қауға

Окпанның эскизінде қауға қозғалысының жылдамдығы баяулайтын барлық жерлері мен олардың ара қашықтықтары

(кенжар, ілмелі сөре, өту сөресі, нөлдік алаңша, аудару станогының алаңы) белгіленеді. Қауіпсіздік ережелері бойынша рұқсат етілген жылдамдықтар мен үдеулер оқпанның әр бөлімшелерінде көрсетіледі (5.2-сурет, I және II графалар).

Осы берілгендер бойынша қауға қозғалысының графигі сызылып, оқпанның барлық тереңдігі бірнеше бөлімшелерге бөлінеді (5.2-суретті қара).

Машинистің сигналынан кейін қауға кенжардан ақырындап $0,3 \text{ м/с}^2$ үдеумен $1,5 \text{ м/с}$ жылдамдыққа дейін қозғалады. Кенжардан қауғаның баяу қозғалуы, оның шайқалуын болдырмайды. Осы $1,5 \text{ м/с}$ жылдамдықпен қауға нөлдік кәсектің тесігіне кірер кезде жылдамдығын $0,5 \text{ м/с}$ дейін төмендетеді. Ол сол жылдамдықпен аудару станогының үстіне дейін қозғалып барып, аударуға тоқталады. Аударылып болған соң, қауға қайтадан төмен түсіріледі. Бос қауғаны түсірер кезде де сол жылдамдықтар, сол маневрлер керісінше қайталанады. Қауғаны көтеру ұзақтығы – әр бөлімшелерді өту уақыттарының қосындысынан тұрады және оларды есептеу мына кезекпен жүргізіледі.

1) Қауғаның үдеумен өтетін бөлімшелерінің уақыт шығыны, ол жылдамдықтардың алындысын үдеуге бөлу арқылы анықталады:

$$\Gamma) \text{ бөлімшесі } \frac{1,5 - 0}{0,3} = 5 \text{ с};$$

$$\text{Б) бөлімшесі } \frac{1,5 - 0,5}{0,5} = 2 \text{ с};$$

$$\text{А) бөлімшесі } \frac{0,5 - 0}{0,3} = 1,7 \text{ с}.$$

2) Үдей қозғалған уақыттағы ара қашықтықтар анықталады, ол орташа жылдамдықты жоғарыда табылған уақытқа көбейту арқылы:

$$\Gamma) \text{ бөлімшесі } \frac{1,5 + 0}{2} \cdot 5 = 3,75 \text{ м};$$

$$\text{Б) бөлімшесі } \frac{1,5 + 0,5}{2} \cdot 2 = 2,0 \text{ м};$$

$$\text{А) бөлімшесі } \frac{0,5 + 0}{2} \cdot 1,7 = 0,43 \text{ м}.$$

3) В) бөлімшесінің ара қашықтығын сол жердегі жылдамдыққа бөле отырып, жүру уақытын табамыз:

$$\text{В) бөлімшесі } \frac{34,25}{1,5} = 23 \text{ с};$$

4) Уақыттарды қосып жиынтығын шығарып, содан кейін кенжардан қауғаны жер бетіне көтеру ұзақтығы анықталады: $\sum t = 48 \text{ н}.$

1 барабанды машиналар үшін көтеру циклінің ұзақтығын анықтаймыз:

$$T_{ц.н} = 2 \cdot \sum t + t_n = 2 \cdot 48 + 120 = 216 \text{ сек}.$$

Бір сағаттағы көтерулердің саны, 1 барабанды машиналар үшін:

$$n_k = \frac{3600}{T_{ц.н}} = \frac{3600}{216} = 16,6 \approx 16,0.$$

Көтерменің бір цикліндегі жыныстардың көлемі (қауғаның сыйымдылығы):

$$V = \frac{Q_T}{n_k} = \frac{21,6}{16,6} = 1,30 \text{ м}^3.$$

Типтік өзі аударылатын БПС-1,5 қауғасын қабылдаймыз. Қауғалардың негізгі сипаттамалары 5.3-кестеде келтірілген.

Қолданылатын канаттың түрін таңдаймыз.

Канатқа түсетін соңғы ілме жүктеме:

$$Q_k = Q_{\sigma} + Q_n + Q_v + Q_n + Q_{np}; \quad (5.7)$$

мұндағы $Q_{\sigma}, Q_n, Q_v, Q_n, Q_{np}$ – кезегімен қауғаның, жыныстың, жыныс кесектерінің арасындағы судың, бағыттаушы кәсект пен ілмелеу құралының салмақ күштері, кН.

Қауғаның салмақ күші мынаған тең:

$$Q_{\sigma} = g \cdot Q_{\kappa} = 10 \cdot 0,65 = 6,5 \text{ кН},$$

мұндағы $Q_{\kappa} = 0,65 \text{ т}$ – қауғаның массасы;

$g = 10 \text{ м/с}^2$ – еркін құлау үдеуі.

Жыныстың салмақ күші:

$$Q_n = \frac{V_{\kappa}}{K_p} \cdot \rho_n \cdot g = \frac{1,5}{1,6} \cdot 2,3 \cdot 10 = 21,5 \text{ кН},$$

мұндағы V_{κ} – қауғаның көлемі; $V_{\kappa} = 1,5 \text{ м}^3$;

$K_p = 1,6$ – жыныстың қопсу коэффициенті;

$\rho_n = 2,3 \text{ т/м}^3$ – жыныстың тығыздығы;

Судың (балшықтанған) салмақ күші:

$$Q_B = \left(V_K - \frac{V_K}{K_p} \right) \cdot \rho_B \cdot g = \left(1,5 - \frac{1,5}{1,6} \right) \cdot 1,2 \cdot 10 = 6,72 \text{ кН}$$

мұндағы ρ_B – судың (балшықтанған) тығыздығы, $\rho_B = 1,2 \text{ т/м}^3$.

Бағыттаушы кәсектің салмақ күші:

$$Q_H = g \cdot Q_H = 10 \cdot 0,545 = 5,45 \text{ кН}.$$

Ілмелеу құралының салмақ күші:

$$Q_{np} = g \cdot Q_{np} = 10 \cdot 0,118 = 1,18 \text{ кН}.$$

Онда, 1 барабанды көтерме машинасының канатына түсетін соңғы ілме жүктеме:

$$Q_K = 6,5 + 21,5 + 6,72 + 5,45 + 1,18 = 41,35 \text{ кН}.$$

1 барабанды машиналар үшін болат канаттың қима ауданын табамыз:

$$S_n = \frac{7,5 \cdot Q_K}{[\sigma] - 7,5 \cdot \rho_c \cdot \ell \cdot 10}, \text{ м}^2; \quad (5.8)$$

мұндағы $[\sigma] = 1666 \cdot 10^3 \text{ кПа}$ – канаттың үзілуге уақытша кедергісі;

$\rho_c = 9,81 \text{ т/м}^3$ – болат канаттың тығыздығы;

$\ell = 60\text{м}$ – канаттың кенжардан шкифке дейінгі ұзындығы;

$$S_{\Pi} = \frac{7,5 \cdot 41,35}{1666 \cdot 10^3 - 7,5 \cdot 9,81 \cdot 60 \cdot 10,0} = 0,000191 \approx 191 \text{ мм}^2.$$

Канаттың 1м есепті массасы, кг/м:

$$P = S_{\Pi} \cdot \rho_c = 0,000191 \cdot 9,81 = 0,001876 \text{ т} \approx 1,88 \text{ кг / м}.$$

$$S_K = \frac{S_{\Pi}}{K_3} = \frac{0,000191}{0,54} = 0,000354 \text{ м}^2.$$

мұндағы $K_3 = 0,54$ – канат қимасының сымдармен толтыру коэффициенті.

Канаттың есепті диаметрі:

$$d_K = \sqrt{\frac{4 \cdot S_K}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000354}{3,14}} = 0,0212 \text{ м} \approx 21,2 \text{ мм}.$$

Өндірістік тәжірибеде канатты есептеу, канаттың 1м массасын табумен шектеледі. Себебі, ол диаметрге қарағанда канаттың жүк көтергіш қабілеттілігін дұрыс сипаттайды.

Каталог бойынша массасы есептелгенге жақын канатты қабылдап, оны қосалқы мықтылыққа тексереміз:

$$m_g = \frac{Z}{Q_K + P_g \cdot \ell \cdot g}; \quad (5.9)$$

мұндағы Z – таңдалған канаттың барлық сымдарының үзілуге қосынды күші, кН.

P_g – каталог бойынша алынған канаттың 1м массасы, т.

Қосалқы мықтылық мынадай талаптарды қанағаттандыруы керек:

- тек адамдарды көтеретін көтермелер үшін $m_g \geq 9$;
- адамдар мен жүктерді көтеретін көтермелер үшін $m_g \geq 7,5$;
- тек жүктерді көтеретін көтерме үшін $m_g \geq 6,5$.

1 барабанды көтерме машинасы үшін канаттың есепті массасы $P = 1,88 \text{ кг/м}$.

Каталог бойынша (5.4-кесте) массасы осыған жақын $P_g=2,19$ кг/м канатты қабылдап, оның қосалқы мықтылық коэффициентін анықтаймыз.

$$m_g = \frac{371,5}{41,35 + \frac{2,19 \cdot 60 \cdot 9,8}{1000}} = 8,71 \geq 7,5.$$

Яғни, бұл есептеулер қосалқы мықтылық шегінің жоғарыдағы шарттарын толық қанағаттандырады. Тандалып қабылданған канаттың диаметрі $d_k=23$ мм. Көтеру машинасын жер бетінде орнатқан кезде, оның барабанының диаметрі $D_6 \geq 80 \cdot d_k$ шартын қанағаттандыруы тиіс.

Мысал үшін, $D_6 = 80 \cdot 0,023 = 1,84 \text{ м} = 1840 \text{ мм}$.

Көтеру машинасы барабанының диаметрін, жобамен стандарттық $D_6=2000$ мм деп қабылдаймыз.

Канаттың аздаған қабаттары сиюы үшін, барабанның ені мынандай болуы керек:

$$B_6 = \frac{(e + 3) \cdot (d_k + 2,5)}{C}, \text{ мм}; \quad (5.10)$$

мұндағы e – қауғаны канжардан жер бетіне көтергендегі канаттың, барабанға оралған орамдарының саны:

$$e = \frac{H}{\pi \cdot D_6} = \frac{40}{3,14 \cdot 2,0} = 6,37 \approx 7;$$

3 – оқпанның барлық тереңдігіне канатты түсіргендегі міндетті түрде барабанда қалдырылатын орамдар саны (қауіпсіздік ережесі бойынша);

2,5 – орамдардың ара саңылауы, мм;

C – барабанға оратылған канат қабаттарының рұқсат етілген саны, мүмкіндігінше канатты бір қабатқа ораған дұрыс. Ұңғымалық көтермелерде екі қабатты орауға болады.

Екі қабатты орамадағы барабанның керекті енін анықтаймыз:

$$B_6 = \frac{(7 + 3) \cdot (23 + 2,5)}{2} = 127,5 \text{ мм}.$$

5.4-кесте

ЛК-Р типті көпқатарлы, екі өрмелі канаттар

Қауғаның түрлері	Сыйымдылығы, м ³	Жүк көтергіштігі, кг	Корпусының диаметрі, мм	Корпусының биіктігі, мм	Қауғаның массасы, кг	Тік құбырдың диаметрі, мм	Бағыттаушы кәсектің биіктігі, мм	Бағыттаушы кәсектің биіктігі, мм	Бағыттаушы кәсектің массасы
БПС -1	1,0	2200	1150	1100	356	1190	4020	1420	394
БПС -1,5	1,5	2700	1290	1250	605	1450	5100	1574	590
БПС -2	2,0	3600	1463	1350	730	1600	5200	1724	590
БПС -2,5	2,5	4700	1600	1400	878	1780	4675	1904	600
БПС -3	3	5600	1600	1600	938	1780	4675	1904	600
БПС -4	4	6800	1600	2100	1465	1780	5530	1830	835
БПС -5	5	9000	2050	1880	1696	2230	5530	2148	1000
БПС -6,5	6,5	11000	2050	2200	1780	2230	6180	2148	1000
БПН -0,5	0,5	-	800	-	190	-	-	-	-
БПН -0,75	0,75	-	950	-	320	-	1370	1446	152
БПН -1	1,0	-	1150	-	400	-	1370	1446	152

Каталог бойынша (5.5-кесте) көтерме машинасын таңдаймыз. Ал оның барабанының негізгі параметрлері – диаметрі мен ені, есептелгендерге тең немесе артық болуы тиіс. Бұл кезде, көтерме машинасы үшін мүмкін болатын канаттың ең үлкен статикалық тартылу күші, соңғы жүктеме мен канаттың барлық салмағының қосындысынан кем болмауы тиіс:

$$Q_m \geq Q_K + \frac{P_g \cdot \ell \cdot 9,8}{1000} = 41,35 + \frac{2,19 \cdot 60 \cdot 9,8}{1000} = 42,64 \text{ кН}.$$

5.5-кесте бойынша Ц-2×1,5 көтерме машинасын қабылдаймыз, ол жоғарыдағы талаптарға жақын келеді.

5.5-кесте

Барабанды шахталық көтерме машиналары

Типтік өлшемдері, м (барабанның диаметрі х ені)	Канаттың ең үлкен тартылу күші, кН	Көтерудің мүмкіндік жылдамдығы, м/с	Электржабдықсыз машинаның редуктормен массасы, т
1 барабандық			
Ц – 1,2 х 1	25	3,0	12
Ц – 1,6 х 1,2	40	4,0	17
Ц – 2,0 х 1,5	63	5,0	30
Ц – 2,5 х 2	90	7,0	50
Ц – 3 х 2,2	140	8,0	75
Ц – 3,5 х 2,4	200	10,0	105
Ц – 4 х 3	250	12,0	70
ЦР – 5 х 3/0,6	280	14,0	94
ЦР – 6 х 3/0,6	320	16,0	118
ЦР – 6 х 3,4/0,6	360	16,0	140
2 барабандық			
2Ц – 4 х 1,8	220	12,0	77
2Ц – 4 х 2,3	250	12,0	99
2Ц – 5 х 2,4	280	14,0	128
2Ц – 5 х 2,8	560	14,0	220
2Ц – 6 х 2,4	320	16,0	156
2Ц – 6 х 2,8	360	16,0	188
2Ц – 6 х 2,8у	400	16,0	245

5.4 Оқпан бекітпесін тандап есептеу

Оқпан бекітпесін таңдау – инженерлік-геологиялық, гидрогеологиялық жағдайларға байланысты. Сонымен қатар, қазбаны жүргізу әдістерін – жұмысты ұйымдастыру схемаларына байланысты тік оқпан бекітпесінің түрін саралай келе оқпан аузына, ұзынабойына, жазыққа және басқа қазбалармен тоғысқан жерлеріне лайықтап таңдау керек.

Оқпан аузының бекітпесін әлбетте, тұтас бетон немесе темірбетоннан, металл немесе темірбетон тубингтерден жобалайды. Оқпан аузы бекітпесін тік және жазық қысымдардың әсерлеріне байланысты есептейді (СНиП II-94-80) [8, 16].

Оқпанның ұзынабойы аралығының, сонымен қатар басқа жазық немесе көлбеу қазбалармен тоғысқан жерлерінің бекітпелерінің түрі мен оның параметрлерін, қоршаған жыныстардың орнықтылық критерийін (C) анықтай отырып таңдайды.

5.6-кесте

Бекітімеген тік қазбалардың орнықтылық категориялары

Орнықтылық категориясы	Жыныстардың орнықтылық жағдайын бағалау	Тік қазбадағы жыныстардың орнықтылық критерийі (C)
I	Орнықты	3-ке дейін
II	Орташа орнықты	$3 \div 6$
III	Орныксыз	$6 \div 10$
IV	Өте орныксыз	10-нан жоғары

Ескерту: $R_{сж} \leq 2$ МПа болғанда, жыныстар IV категорияға жатады.

Тік қазбадағы жыныстардың орнықтылық критерийінің (C) мөлшерін төмендегі формуламен анықтаймыз:

$$C = \frac{K_{сб} - K_y \times K_t \times H_p}{26,3 + K_\alpha \times R_{сж} (5,25 + 0,0056 \times K_\alpha \times R_{сж})}, \quad (5.11)$$

мұндағы $K_{сб}$ – оқпанға басқа қазбалардың жерінің коэффициенті, оқпанның ұзынабойында $K_{сб} = 1$;
 K_y – оқпанға тазарту жұмыстары әсерінің коэффициенті, бұлардың әсері болмағанда $K_y = 1$;
 H_p – қазбаның жобалық тереңдігі, $H_p = 40$ м;
 K_t – жобалайтын қазбаның жұмыс уақытының әсер ету коэффициенті, басқа қазбаларда $K_t = 0,9$;
 K_α – жыныстардың жатыс бұрышының (α) әсер ету коэффициенті, жазық жатқан жыныстарда $K_\alpha = 1$;
 $R_{сж}$ – таужыныстары массивінің сығылуға орташа мықтылық шегі, МПа.

$$R_{сж} = \frac{10 \times f_1 \times h_1 \times K_{c1} + 10 \times f_2 \times h_2 \times K_{c2}}{h_1 + h_2}, \text{ МПа}; \quad (5.12)$$

мұндағы f_1, f_2 – жыныстардың бекемдік коэффициенті, $f_1 = 1,0$;
 $f_2 = 1,4$;
 h_1, h_2 – жыныс қабатының қалыңдықтары, м; $h_1 = 3,0$ м;
 $h_2 = 37$ м;
 K_{c1}, K_{c2} – жыныс қабаттарының құрылымдық әлсіреу коэффициенті, $K_{c1} = 0,6$; $K_{c2} = 0,7$;
 $g = 10 \text{ м/с}^2$ – еркін құлау үдеуі.

$$R_{сж} = \frac{10 \times 1,0 \times 3 \times 0,6 + 10 \times 1,4 \times 37 \times 0,7}{3 + 37} = 9,5 \text{ МПа.}$$

$$C = \frac{1 \times 1 \times 0,9 \times 40}{26,3 + 1 \times 9,5 (5,25 + 0,0056 \times 1 \times 9,5)} = 0,71.$$

Есептеулер бойынша жыныстың орнықтылық критерийі $C = 0,71$ тең, яғни жыныстар орнықты $C \leq 3$, I категориясына

жатады. Оқпанды бекітпелеуге тұтас бетон бекітпесін қабылдаймыз.

Оқпанның ұзынабойы қатты арқаумен жасақталғанда, жыныстардың орнықтылығының I, II және III категорияларында, тазарту жұмыстарының су төмендетудің теріс әсерлері болмаған кезде, тұтас бетон бекітпесін қолдану ұсынылады. Оқпан жынысының орнықтылығы IV категория және жерасты ағын суының қысымы болған кезде оны бекітуге тубингті, темірбетон мен көп қабатты бекітпелерді қолданған жөн.

Жыныстардың I категория орнықтылығында бетон бекітпенің қалыңдығын есептемей-ақ, 5.6-кестенің деректерінен алуға болады.

Жыныстардың II және III категория орнықтылығында бетон бекітпенің қалыңдығын СНиП II-94-80 талаптарына сәйкес есептеу керек. Бірақ ол жоғарыда айтылған кестедегі мөлшерлерден кем болмауы тиіс.

5.6-кесте

Оқпанның тереңдігі, м	Бетон бекітпесінің қалыңдығы жыныстардың жатыс бұрышына байланысты, мм	
	35° дейін	35° үлкен
500 дейін	200	250
500 үлкен	250	300

Егер тұтас бетон бекітпесінің есепті қалыңдығы 500 мм артық болса, онда бетонның жоғарылау маркасын не бекітпенің басқа түрін пайдаланған дұрыс болады.

Іілмелі арқаулары бар оқпандарда, көтерме қондырғылармен жасақталмаған желдетуші оқпандар мен шурфтарда, су ағыны $8 \text{ м}^3/\text{сағ}$ артық емес өрлеме қазбалар мен кенқұдықтарда тазарту жұмыстарының әсері болмаған кезде, орнықтылығы I және II категориялы жыныстарда бүрікпе бетон бекітпесін немесе анкерлерден, металл тордан және бүрікпе бетоннан тұратын комбинациялы бекітпені қолдануға болады. Ал су ағыны $8 \text{ м}^3/\text{сағ}$ артық болған кезде, орнықтылығы I, II және III категориялы жыныстарда тұтас бетон бекітпесін ғана

қолданған жөн. Бұл кезде орнықтылығы І категориялы жыныстарда бүрікпе бетон бекітпесінің қалыңдығын, оқпанның ұзынабойғы аралықта есептеусіз 5.7-кесте бойынша қабылдауға болады.

5.7-кесте

Оқпанның ұзынабойының тереңдігі, м	Бүрікпе бетон бекітпесінің қалыңдығы, мм (жыныстардың жатыс бұрышына байланысты)	
	35° дейін	35° үлкен
500 дейін	80	120
500 үлкен	100	150

Оқпанның тоғысқан жерлеріндегі орнықтылығы І категориялы жыныстарда, сонымен қатар оқпанның ұзынабойы аралығындағы орнықтылығы ІІ категориялы жыныстарда, бүрікпе бетон бекітпесінің қалыңдығын есептеу жолымен анықтау керек. Бұл кезде бүрікпе бетон бекітпесінің қалыңдығы 500 м тереңдікке дейін 150 мм-ден кем болмауы тиіс, ал 500 м-ден артық тереңдікте 200 мм кем емес.

Комбинациялы бекітпелерде анкердің ұзындығын $\ell_a=2$ м деп қабылдау керек; анкерлердің ара қашықтықтары: $a_k=0,7 \cdot \ell_a$.

Оқпандар мен шурфтардың ұзынабойындағы бекітпелерді, жыныстар массивінің (P_n) және жерасты суларының қалдықты (P_r) жазық (радиалды) қысымдарының қосынды әсерлері бойынша есептеу керек. Жалпы қысымды, оның ең үлкен мөлшері болған кездегі уақыт моменті бойынша анықтауға болады.

Жыныстардың есепті жазық (радиалды) қысымын P_n , КПа (тс/м^2), тік қазбалардың ұзынабойы бөліміне тазарту жұмыстарының әсерінен болатын жазық деформациялар болмаған кезде, төмендегі формуламен анықтауға болады:

$$P_n = n \times m_y \times n_n \times p^n [1 + 0,1(r_0 - 3)], \text{ КПа}; \quad (5.13)$$

мұндағы r_0 – қазбалардың таза сәулелі қимасының радиусы, м;
есептеуге $r_0=3,75$ м;

n – артық жүктеме коэффициенті, $n=1,3$;
 m_y – жұмыс жағдайы коэффициенті; ол 5.8-кесте бойынша қабылданады.

5.8-кесте

Бекітпенің түрі	Жұмыс жағдайы коэффициенті, m_y
Бүрікпебетон	0,50
Құрастырмалы	0,75
Тұтасбетон	0,80

n_n – жүктеменің біркелкі емес эпюрасы болғандағы есепті (ең үлкен) қысымға келтіру коэффициенті, 5.9-кесте бойынша қабылданады.

5.9-кесте

Жыныстардың жатыс бұрышы, α , градус	n_n – коэффициенті	
	Кезекті және параллельді жүргізу схемаларында	Бірлескен жүргізу схемасында
10-ға дейін	2,00	1,75
10-нан 35-ке дейін	2,50	2,00
35-тен үлкен	2,75	2,25

R^n – бекітпеге түсетін нормативтік қысым, кПа (тс/м^2), орнықтылығы I, II және III категориясы жыныстар үшін мынадай формулалар арқылы анықталады:

$$C \leq 6 \text{ үшін } R^n = 10 \times [(2C-1) + \Delta]; \quad (5.14)$$

$$10 \geq C > 6 \text{ үшін } R^n = 10 \times [(3C-7) + \Delta];$$

мұндағы C – тік қазбалардың орнықтылық критерийі, формула бойынша анықталады;

Δ – қазба жұмыстарының технологиясын есептейтін параметр, қабылданды: кезекті және параллельді технологиялық схемаларда – нөлге тең; жылжымалы қалыптамананы пайдаланған бірлескен схемада:

$$C \leq 6 \text{ үшін } \Delta = 2,$$

$$10 \geq C > 6 \text{ үшін } \Delta = 3.$$

$$P^H = 10 \times [(2 \times 0,71 - 1) + 2] = 24,2 \text{ КПа.}$$

$$P_n = 1,3 \times 0,8 \times 1,75 \times 24,2 [1 + 0,1(3,75 - 3)] = 44,0 \text{ КПа.}$$

Тік қазбаның тұтас бетон және бүрікпе бетон бекітпесінің қалыңдығын δ_k мынадай формуламен есептеуге болады:

$$\delta_k = m_y \times r_0 \left(\sqrt{\frac{m_1 \times m_3 \times m_7 \times R_\sigma}{m_1 \times m_3 \times m_7 \times R_\sigma - 2K_p \times P}} - 1 \right) - \delta_{кб}, \text{ мм.} \quad (5.15)$$

мұндағы r_0 – тік қазбалардың таза сәулелі қимасының радиусы, мм;

m_y – бекітпенің жұмыс жағдайы коэффициенті, 1,25-ке тең деп қабылданады.

m_1 – бекітпенің жұмыс жағдайы коэффициенті, жүктеме әсерінің ұзақтығын көрсетеді, тұтас бетон үшін $m_1 = 1$;

m_3 – температураның өзгеруін есептейтін коэффициент (еріп және қайта мұздауы), 0,7-ден 0,95-ке дейін өзгереді;

m_7 – бетондау жағдайын ескеретін коэффициент (1,5 м артық бетондау қабаты болғанда $m_7 = 0,85$);

R_σ – бетонның сығылуға есепті кедергісі, МПа, ауыр бетонның маркасы үшін СНиП II-21-75 бойынша 5.10-кестеде келтірілген, есептеулер үшін $R_\sigma = 11 \text{ МПа}$;

K_p – бекітпе конструкциядағы кернеулердің шоғырлану коэффициенті, оқпанның ұзынабойында $K_p = 1$;

P – жазық қысым, кПа (тс/м^2), жыныстардың P_{II} және $P_{II} = 0$ қосынды қысымдары арқылы анықталды;

$$P = P_{II} + P_{II} = 0,044 + 0 = 0,044 \text{ МПа.}$$

$\delta_{пб}$ – жыныс-бетон қабықшасының қалыңдығы, оқпанды

қоршаған бұзылған жыныстарға бетонның кіруінен пайда болады, тұтас бетон үшін $\delta_{пб} = 0$.

5.10-кесте
Ауыр бетонның маркасының есепті кедергілері

Кедергі түрлері	Бетонның жобалық маркасы кезіндегі есепті кедергі, МПа							
	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

Тұтас бетон бекітпесінің қалыңдығы:

$$\delta_k = 1,25 \times 3750 \left(\sqrt{\frac{1 \times 0,7 \times 0,85 \times 11}{1 \times 0,7 \times 0,85 \times 11 - 2 \times 1 \times 0,044}} - 1 \right) - 0 = 31,87 \text{ мм}.$$

Тұтас бетон бекітпесінің қалыңдығын, қатты металл арқауларды бекіту үшін және метро оқпаны қызметінің күрделілігін есептей келе $\delta_k = 300$ мм деп қабылдаймыз.

5.5. Оқпан өтудегі сутөкпе мен желдетуді есептеу

5.5.1. Сутөкпені есептеу

Тік оқпанды қазған кезде көп жағдайларда су ағып келеді. Сондықтан, сутөкпе жұмыстары қолданылады. Оқпан қазған кездегі сутөкпенің басты ерекшелігі – су келімінің өзгеріп отыратындығы және оқпан тереңдеген сайын, су келімінің көбеюі. Оқпанды қазу кезіндегі сутөкпе жұмыстарын қауғамен, ілме сораптарымен, гидроэлеваторлармен және азрливтермен жүргізуге болады [12, 14].

Оқпанның тереңдігіне, су соратын жабдықтардың өнімділігі мен айдау қысымына байланысты, сутөкпе схемалары – 1, 2 және көп баспалдақты болып бөлінеді.

1 баспалдақты схемада – оқпанның кенжарынан суды бірден жер бетіне сорып айдайды.

2 баспалдақты схемада – ілме сөренің жоғарғы қабатында орнатылған су жинайтын ыдысқа немесе арнайы қазылған камерадағы ыдысқа, ал су жиналған ыдыстардан су, жер бетіне айдалады.

Терең оқпандарды қазғанда көп баспалдақты схема қолданылады. Бұл кезде бірнеше су жинап айдайтын сорап станциялары қолданылады. Қазба сутөкпесінің керекті әдісі мен схемасы оқпанның тереңдігі мен диаметріне, келетін судың мөлшеріне, оқпан қазудың технологиялық схемасын жабдыктандыруға, аралық горизонттардың орналасуына байланысты таңдалады. Қазіргі уақытта оқпанды қазған кезде өте қарапайым, сенімді және тиімді болғандықтан, негізінде қауғамен су төгуді қолданады.

Оқпан кенжарындағы суды қолмен көтеріп, пневматикалық сораптармен жыныстарды қауғаға тиеген кезде ол құйылып, бірге көтеріледі. Қазба циклінің басқа операциялары орындалған кезде суды қауғамен жыныссыз жоғары көтереді. Мұндай әдісті қолданғанда судың жыныс үстіндегі ең үлкен деңгейі 0,1 м-ден артық болмауы керек.

Қауғалармен сутөкпені мына жағдайларда қолдануға болады:

$$q \leq 0,8 \cdot D_{\text{пр}}^2 \cdot (0,4 \cdot l_3 - 0,1) / t, \text{ м}^2/\text{сағ}; \quad (5.16)$$

мұндағы q – оқпанға су келімі, $\text{м}^2/\text{сағ}$;

$D_{\text{пр}}$ – оқпанның өту диаметрі, м;

l_3 – енбе тереңдігі, м;

t – аттыру және желдету жұмыстары кезіндегі
сутөкпенің тоқтап тұру ұзақтығы, сағ.

Қауғамен су төгуге болатын су келімі мөлшерін, төмендегі формуламен анықтауға болады:

$$W = 0,9 \cdot n \cdot V_6 \cdot k, \text{ м}^3/\text{сағ}; \quad (5.17)$$

мұндағы n – бір сағаттағы көтерме саны;

V_6 – қауғаның сыйымдылығы, м^3 ;

k – қопсыған жыныстар арасындағы суды ескеретін коэффициент, берік жыныстарда $k=0,5-0,6$; орташа берік жыныстарда $k=0,4-0,45$; жұмсақ жыныстар үшін $k=0,3-0,35$.

Қауғамен су төгу жұмыстары су келімі $15 \text{ м}^3/\text{сағ}$ дейін болғанда қолданылады. Су келімі бұдан асқан жағдайда, қауғамен су төгуден басқа аспалы ППН-12м және ВП-3с сораптарын қолдануға болады. Осы келтірілген жәйттарды мысалдағы есептеулермен талдаймыз.

Мысал. Бастапқы деректер ретінде Алматы метрополитені құрылысының жобалық жағдайларын аламыз. Оқпанның тереңдігі 40 м; өту диаметрі 7,5 м; енбе тереңдігі 2,2 м; желдету уақытының ұзақтығы 1 сағ; қолданылатын қауғаның сыйымдылығы $1,5 \text{ м}^3$; оқпанға су келімі $8 \text{ м}^3/\text{сағ}$; бір сағаттағы көтермелер саны – 16; $k=0,35$.

Шешімі. Оқпанға су келімі $15 \text{ м}^3/\text{сағ}$ аз болғандықтан, сутөкпені қауғалар арқылы жүргіземіз. Қауғамен сутөкпені жүргізу шарттарын тексереміз:

$$q \leq \frac{0,8 \cdot (7,5)^2 \cdot (0,4 \cdot 2,2 - 0,1)}{1,0} = 35 \text{ м}^3/\text{сағ};$$

яғни, шарттар орындалады.

Қауғамен сутөкпені жүргізуге болатын су келімін анықтаймыз:

$$W = 0,9 \cdot n \cdot V_6 \cdot k = 0,9 \cdot 16 \cdot 1,5 \cdot 0,45 = 9,72 \text{ м}^3/\text{сағ}.$$

Осы есептелген нәтижелер қауғамен сутөкпені жүргізуді толық қанағаттандырады.

5.5.2. Оқпанды желдетуді есептеу

Оқпанды желдету – жұмыстың санитарлық-гигиеналық жағдайын қамтамасыз ету, жұмысшылардың жұмыс жағдайын жақсарту үшін жүргізіледі.

Оқпанды өтудегі кең тараған негізгі желдету тәсілдерінің бірі – үрлеме әдісі. Бұл үрлеме әдісінде оның желдетпе қондырғысы оқпан ауызынан 20 м қашықтықта жер бетінде орнатылады.

Таза ауа оқпан кенжарына қатты материалдардан (негізінде металдан) жасалған құбырлармен жіберіледі. Құбырлар, бекітпеге бекітіледі немесе болат арқандарға (тростарға) ілінеді. Металл құбырлар бір-бірімен балқыту жігі арқылы немесе фланецтермен жалғанады. Құбырлардың диаметрі – оқпанның тереңдігіне, диаметріне және керекті ауаның көлеміне байланысты алынады.

Металл құбырлардың сипаттамалары 5.11-кестеде келтірілген.

5.11-кесте

Металл құбырлардың сипаттамалары

Құбыр- дың диаметрі, d _р , мм	Қабыр- ғасының калық- дығы, мм	Құбыр бөлім- дерінің ұзын- дығы, м	Өр бөлім- нің масса- сы, кг	Фланец қабыр- ғасының өлшемі, мм	Тесік- терінің орналасу диаметрі, мм	Фланец- тегі тесік- тер саны	Қысатын болттар өлшемі, мм	Аэро- динами- калық келергі коэф- фициен- ті, α, н·с ² /м ⁴	Өзіндік аэроди- намикалық келергі, г, н·с ² /м ³
500	3	2	31,2	50x6	562	12	M12x45	0,00035	0,073
600	3	2	38,2	50x6	662	14	M12x45	0,00032	0,026
700	3	2,5	51,9	60x8	762	10	M16x50	0,00030	0,016
800	3	2,5	58,8	60x8	885	10	M12x45	0,00025	0,0049
900	4	2,5	65	60x8	985	12	M12x45	0,00024	0,0024
1000	4	3,0	73	60x8	1085	12	M12x45	0,00023	0,0016

Жарылыстан кейінгі улы газдардың мүмкін болатын шектік мөлшерлері, төмендегі мағыналардан артық болмауы тиіс: көмір тотығы – 0,024%; азот тотығы – 0,0001%; күкірт ангидрид – 0,00035%; күкіртті сутегі – 0,00066%.

Үрлеме әдісінде құбырлар арқылы таза ауа жер бетінен желдеткіштердің көмегімен оқпанның кенжарына үрленіп,

жарылыстың газдары, т.б. былғану заттарымен бірге жер бетіне көтеріледі.

Үрлеме әдісінің кемшіліктеріне мыналар жатады. Өте терең (800 м артық) оқпандарды өткенде, желдету құбырларының аэродинамикалық кедергілері күрт артып, диаметрі 0,8-1,2 м-ге дейін болатын құбырлардың массасы тым жоғарылайды, 40-60 тоннаға жетіп, тіпті одан да артуы мүмкін.

1. Оқпанды желдетуге керекті ауаның көлемі, атылғыш заттардың (АЗ) шығыны мен улы газдардың бөлінуіне, жұмыс істейтін адамдардың санына, ауаның ең аз шектеулі жылдамдық қозғалысына, көмір шахталарында метанның шығу мөлшеріне байланысты анықталады.

Оқпанды желдетудегі керекті ауа мөлшері АЗ-тардың шығыны бойынша төмендегі формуламен анықталады:

$$Q = \frac{2,25 \cdot S_{вч}}{T} \cdot \sqrt[3]{\frac{B \cdot I_{АЗ} \cdot H_{ок}^2 \cdot K_{cy}}{S \cdot K_{ym.mp}^2}}, \text{ м}^3 / \text{мин.} \quad (5.18)$$

мұндағы $S_{вч}$ – оқпанның қара қимасының ауданы, м^2 ;

T – кенжарды желдету уақыты, 30 мин кем болмауы тиіс;

B – бір аттырудағы АЗ мөлшері, кг;

$I_{АЗ}$ – АЗ-тардың газдылығы, таужыныстарынан тұратын кенжарларда – 40 л/кг, көмір кенжарларында – 100 л/кг;

$H_{ок}$ – оқпан тереңдігі, м;

K_{cy} – оқпанның сулылығын ескеретін коэффициент, әр түрлі су келімі үшін төменде келтірілген.

Су келімі, $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{ағ}$	<1	1-6	6-15	>15
K_{cy}	0,8	0,6	0,3	0,15

$K_{ут.тр}$ – құбырдан ауаның шығып болу коэффициенті.

Қатты құбырлар үшін:

$$K_{ym.mp} = \left(\frac{1}{3} \cdot K_{ym.cm} \cdot d_{mp} \cdot \frac{\ell_{mp}}{\ell_{38}} \cdot \sqrt{R_{mp}} + 1 \right)^2, \quad (5.19)$$

мұндағы $K_{\text{ут.ст}}$ – құбыр қосындыларының меншікті ауа жібергіштік коэффициенті (5.12-кесте бойынша алынады);

$d_{\text{тр}}$ – қолданылатын құбыр диаметрі, м;

$l_{\text{тр}}$ – құбырлардың жалпы ұзындығы, м;

$l_{\text{зв}}$ – құбыр бөлімшелерінің ұзындығы, м;

$R_{\text{тр}}$ – құбырдың аэродинамикалық кедергісі, КМ .

$$R_{\partial\partial} = 6,5 \cdot \frac{\alpha \cdot \ell_{\partial\partial}}{d_{\partial\partial}^5} = r \cdot \ell_{\partial\partial}, \quad \text{КМ}; \quad (5.20)$$

мұндағы α – аэродинамикалық кедергі коэффициенті (5.11-кестеде көрсетілген);

r – өзіндік аэродинамикалық кедергі (5.11-кестеден қабылданды).

1. Оқпанды желдетудегі керекті ауа мөлшері жұмысшылардың ең көп саны бойынша төмендегі формуламен анықталады:

$$Q = 6 \cdot n_{\text{ад}}, \quad \text{м}^3/\text{мин}; \quad (5.21)$$

$n_{\text{ад}}$ – бір мезгілде жұмыс істейтін жұмысшылар саны.

2. Оқпанды желдетудегі керекті ауа мөлшері, ауа қозғалысының ең аз шартты жылдамдығы бойынша:

$$Q = 60 \cdot V_{\text{мин}} \cdot S_{\text{вч}}, \quad \text{м}^3/\text{мин}; \quad (5.22)$$

мұндағы $V_{\text{мин}} = 0,15 \text{ м/с}$ – оқпандағы ауа қозғалысының ең аз шартты жылдамдығы;

$S_{\text{вч}}$ – оқпан қимасының қара ауданы, м^2 .

Кенжарды желдетуге керекті ауаның көлемі, есептеулердің ең үлкен нәтижесі бойынша қабылданады.

3. Желдеткішті таңдау үшін оның өнімділігі мен депрессиясы анықталады.

Желдеткіштің өнімділігі:

$$Q_{\text{жел}} \geq K_{\text{ут.тр}} \cdot Q, \quad \text{м}^3/\text{мин}; \quad (5.23)$$

мұндағы $K_{\text{ут.тр}}$ – құбырдан ауаның шығын болу коэффициенті.

5.12-кесте

Құбыр жіктерінің меншікті ауа жібергіштік коэффициентін
($K_{\text{ут.ср}}$) қабылдау кестесі

Құбырларды жалғау сапасы	Жалғану сипаттамалары	$K_{\text{ут.ср}}$
Жақсы	Құбырлардың жіктері резина немесе сальникті (майланған) прокладкалармен тығыздалған, болттар жақсы тартылған	0,001-0,002
Қанағаттанарлық	Құбырлардың жіктері картон немесе майланған арқан жіптермен тығыздалған	0,002-0,005

Ескерту: Құбырды жалғаудың қанағаттанарлық сапасы $l_{\text{тр}} \leq 450$ м-ге дейін рұқсат етіледі.

Қатты құбырларды қолданғандағы желдеткіштің депрессиясы:

$$h_b = 10 \cdot K_{\text{ут.тр}} \cdot R_{\text{тр}} \cdot Q^2 + 10 \cdot \Sigma h_6, \text{ Па}; \quad (5.24)$$

мұндағы Σh_6 – құбырдың бұрылған жерлеріндегі, т.б. жергілікті кедергілерден болатын ауа қысымы жоғалымының жиынтығы, Па.

Құбырдың әр бұрылымындағы қысымының жоғалымы:

$$h_m = 0,35 \delta^2 \cdot g_{\text{ор.куб}}^2, \text{ Па}; \quad (5.25)$$

мұндағы $\delta = \frac{\pi \cdot \delta_0}{180}$ – бұрылу бұрышы, радиан;

δ_0 – құбырдың бұрылу бұрышы, градус;

$g_{\text{ор.куб}}$ – құбырдың тура желілі бөліміндегі ауа қозғалысының орташа жылдамдығы, м/с.

Құбырдың ең үлкен (максимальды) ұзындығы мен диаметріне байланысты желдеткіштің керекті қысымы, төмендегі формуламен анықталады:

$$h_{\text{ж}} = R_{\text{тр}} \cdot Q, \text{ Па}; \quad (5.26)$$

мұндағы $R_{\text{тр}}$ – құбырдың аэродинамикалық кедергісі.

Жоғарыда келтірілген формулалар бойынша жүргізілген есептеулердің нәтижелеріне байланысты ($Q_{\text{жел}}$, $h_{\text{ж}}$) 5.13-кестеден, жергілікті желдеткіштің түрі мен өлшемдері таңдалады.

5.13-кесте

Желдеткіштердің техникалық сипаттамалары

Көрсеткіштер	Желдеткіштер			
	ВМ-6М осьтік	ВМ-8М осьтік	ВМ-12М осьтік	ВЦ-7 Ортадан тепкіш
Өнімділігі, м ³ /мин Оңтайлы режимде	340	600	1200	402
Өнеркәсіптік қолданыста	140-480	240-780	600-1920	84-660
Қысымы, Па Оңтайлы режимде	2600	3200	3000	5750
Өнеркәсіптік қолданыста	3400-750	4200-750	3800-800	10800-1000
Пайдалы әрекет коэффициенті (КПД)	0,76	0,80	0,76	0,78
Пайдалану қуаты, кВт	10-24	15-52	40-110	75
Өлшемдері, мм, Ұзындығы	1050	1460	1900	1495
Ені	730	880	1350	1200
Биіктігі	750	1000	1500	1430
Массасы, кг	350	795	2300	1400

Мысал. Оқпанды желдетуге керекті ауа мөлшерін, қысымды анықтау және желдеткішті таңдау.

Бастапқы деректер

Оқпанның тереңдігі..... $H_{\text{оқ}}=40$ м
 Оқпанның қара диаметрі..... $D_{\text{вч}}=8,1$ м
 Оқпандағы кездесетін үлкен тастарды аттыруға
 кетегін АЗ шығыны..... $B=10$ кг
 Аттырудан кейінгі желдету уақыты..... $T=30$ мин
 Оқпанға су келімі..... 6 м³/сағ
 Желдету құбырының диаметрі..... $d_{\text{тр}}=800$ мм
 Кенжардағы жұмысшылар саны..... $n_{\text{ад}}=7$

Шешімі.

Құбырдың аэродинамикалық есептік кедергісін анықтаймыз:

$$R_{mp} = 6,5 \cdot \frac{\alpha \cdot \ell_{mp}}{d_{mp}^5} = r \cdot \ell_{mp} = 0,0049 \cdot (40 + 20) = 0,294 \text{ км.};$$

мұндағы r – өзіндік аэродинамикалық кедергіні 5.11-кестеден аламыз, $r=0,0049 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^5$.

1. Оқпанды желдетуге керекті ауа көлемі АЗ-тардың шығыны бойынша анықталады:

$$Q = \frac{2,25 \cdot S_{вч}}{T} \cdot \sqrt[3]{\frac{B \cdot I_{AZ} \cdot H_{ок}^2 \cdot K_{су}}{S_{вч} \cdot K_{ут.мп}^2}}, \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

Алдымен құбырдан ауаның шығын болу коэффициентін анықтаймыз ($K_{ут.ст}=0,0015$, 5.12-кестеден).

$$K_{ут.мп} = \left(\frac{1}{3} \cdot K_{уст.ст} \cdot d_{мп} \cdot \frac{\ell_{мп}}{\ell_{зв}} \cdot \sqrt{R_{мп}} + 1 \right)^2 = \left(\frac{1}{3} \cdot 0,001508 \cdot \frac{60}{4} \cdot \sqrt{0,294} + 1 \right)^2 = 1,006.$$

$$S_{вч} = \pi \cdot r_{вч}^2 = 3,14 \cdot (4,05)^2 = 51,5 \text{ м}^2.$$

$$Q = \frac{2,25 \cdot 51,5}{30} \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 40 \cdot 40^2 \cdot 0,6}{51,5 \cdot (1,006)^2}} = 75,12 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

2. Оқпанды желдетуге керекті ауа көлемін, адамдар саны бойынша танықтаймыз:

$$Q = 6 \cdot n_{ад} = 6 \cdot 7 = 42 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

3. Оқпанды желдетуге керекті ауа көлемін, ең аз ауа қозғалысының жылдамдығы бойынша анықтаймыз:

$$Q = 60 \cdot V_{мин} \cdot S_{вч} = 60 \cdot 0,15 \cdot 51,5 = 463,5 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Кенжарды желдетуге керекті ауаның көлемі, есептелген ең үлкен мөлшер бойынша қабылданады, $Q=463,5 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Желдеткіштің керекті өнімділігі мынаған тең:

$$Q_{жел} \geq K_{ут.мп} \cdot Q = 1,006 \cdot 463,5 = 466,3 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

Құбырдың әр бұрылымындағы (мысалда бір 90° бұрылым) қысымның жоғалуын анықтаймыз:

$$h_m = 0,35 \cdot \delta^2 \cdot v_{ор.күб}^2 = 0,35 \cdot (1,57)^2 \cdot (31,9)^2 = 878 \text{ Па}.$$

$$\delta = \frac{\pi \cdot \delta_0}{180} = \frac{3,14 \cdot 90}{180} = 1,57.$$

Құбырдың ең үлкен ұзындығы мен диаметріне байланысты желдеткіштің керекті қысымын анықтаймыз:

$$h_{жс} = R_{тр} \cdot Q = 0,294 \cdot 463,5 = 136,3 \text{ Па}.$$

Есептеулердің нәтижелері ($Q_{жел}$, h_m) бойынша 5.13-кестеден, ВМ-8М желдеткіші таңдалып қабылданды.

5.6. Оқпанды өту циклдерінің параметрлерін есептеу және жұмысты ұйымдастыру графигін құрастыру

Оқпанды өту циклдерінің параметрлерін есептеу және жұмысты ұйымдастыру графигін құрастыру мына кезекпен жүргізіледі: жұмыс режимін таңдау, бір циклдегі кенжардың жылжуын анықтау, оқпанды өтудің берілген айлық жылдамдығы бойынша циклдердің болжанған ұзақтығын анықтау, жұмысты ұйымдастыру графигін құрастыру, жұмысшылардың жұмысқа шығатын саны мен оқпанды өтудің бір айлық графигі анықталады [12,14].

Оқпанды өтудегі жұмыс режимі көбіне төрт ауысым болып қабылданады, ал ауысым арасы үзіліссіз. Кенжардың жылжуы, енбе немесе шпурдың тереңдігін ескере отырып, қалыптаманың жұмыс биіктігі бойынша анықталады. Қол перфораторларымен бұрғылағанда шпурлар тереңдігі 2,5÷3,5 м, механикаландырылған жабдықтармен бұрғылағанда 3,5÷4,5 м болып қабылданады.

Циклдердің қажетті ұзақтығы төмендегі формула бойынша анықталады:

$$T_u = \frac{24 \cdot \ell_u \cdot n_m}{V_m}, \text{ сағ}; \quad (5.27)$$

мұндағы $l_{ц}$ – бір циклдегі кенжардың жылжуы, м;

n_m – окпан өтудегі айлық жұмыс күндерінің саны;

V_m – окпан өтудегі белгіленген айлық жылдамдық, м/ай.

Шпурларды бұрғылау ұзақтығын былай анықтауға болады:

$$T_{бур} = \frac{n_{шп} \cdot \ell_{шп}}{Q_{бур}} + T_{д.а}, \text{ сағ}; \quad (5.28)$$

мұндағы $n_{шп}$ – шпурлар саны;

$\ell_{шп}$ – шпурлардың тереңдігі, м;

$Q_{бур}$ – бұрғылау қондырғысының өнімділігі, м³/сағ;

$$Q_{бур} = \frac{60 \cdot \varphi \cdot n_б \cdot K_H \cdot V_{бур}}{(1 + \sum t_с)}, \text{ м/сағ}; \quad (5.29)$$

мұндағы φ – бұрғылау машиналарының бір мезгілде жұмыс

істеуін ескеретін коэффициент, $\varphi=0,7 \div 0,8$;

$n_б$ – бұрғылау машиналарының саны;

K_H – бұрғылау қондырғысының сенімділігін ескеретін коэффициент, $K_H=0,8 \div 0,9$;

$V_{бур}$ – шпурды механикалық бұрғылаудың орташа жылдамдығы, таужынысының бекемдігіне байланысты қабылданады, м/мин;

$V_{бур}$, м/мин	1,2÷0,8	0,8÷0,7	0,7÷0,5	0,5÷0,25
f	6	7÷9	10÷12	12÷14

$\Sigma t_в$ – 1м шпурды бұрғылаудағы көмекші операциялар уақыты, мин, $\Sigma t_в = 2 \div 4$ мин (шпурлардың тереңдігіне байланысты $\ell_{шп}=2,5 \div 4,5$ м);

$T_{д.а}$ – дайындық-аяқтау операцияларының уақыты (окпан кенжарына түсіру және қондырғыны жұмысқа дайындау, кенжардан жоғарыға шығару) мин, $T_{д.а}=40 \div 60$ мин.

Шпурларды оқтау ұзақтығы келесі формуламен анықталады:

$$T_o = \frac{n_{шп} \cdot t_3}{(\varphi_1 \cdot N_3)} + t_{д.а}, \text{ мин}; \quad (5.30)$$

мұндағы $t_3=4+1,1 \ell_{\text{шп}}$ – бір шпурды оқтау ұзақтығы, мин;
 $\varphi_1=0,7 \div 0,85$ – оқтауға қатысатын жұмысшылардың бос
 еместігін ескеретін коэффициент;
 N_3 – шпурларды оқтаудағы ұңғылаушылар
 (проходчиктер) саны;
 $t_{0.a}=20 \div 30$ мин – оқтаудағы дайындық-аяқтау
 операцияларының ұзақтығы.

Желдету ұзақтығы $T_{\text{жел}}=20 \div 30$ мин құрайды. Сөрені түсіру
 және кенжарды қауіпсіз жағдайға келтіру уақыты $T_{\text{к.ж}}=30 \div 40$
 мин құрайды.

Жыныстарды тиеу ұзақтығы төмендегі жолмен
 анықталады:

$$T_{\text{тиев}} = T_I + T_{II} + T_{\text{дт}}, \text{ сағ};$$

мұндағы T_I және T_{II} – I және II фазаларға сәйкес жыныстарды
 тиеу уақыты, сағ;

$T_{\text{дт}}$ – тиеудегі дайындық-аяқтау операцияларына
 кететін уақыт, сағ;

T_I мөлшері келесі формуламен анықталады:

$$T_I = \frac{\alpha \cdot V \cdot K_K}{n_{\text{сп}} \cdot P_T \cdot K} + \frac{\alpha \cdot V \cdot K_K \cdot t_n}{K_3 \cdot V_6}, \text{ сағ}; \quad (5.31)$$

мұндағы $\alpha=0,8 \div 0,95$ – I фазадағы жыныстардың көлемін
 ескеретін коэффициент;

V – қопарылған жыныстардың көлемі (массивтегі), м^3 ;

$K_K=1,5 \div 1,8$ – таужыныстарының қопсу коэффициенті;

$n_{\text{гр}}$ – кенжарда жұмыс істейтін грейферлер саны;

P_T – грейфердің техникалық өнімділігі, $\text{м}^3/\text{сағ}$;

K – біруақытта жұмыс істейтін машиналардың бір-
 біріне кедергі етуін ескеретін коэффициент,

(егер $n_{\text{гр}} = 1$ болса $K = 1$, $n_{\text{гр}} = 2$ болса $K = 0,75 \div 0,8$);

$t_n=30 \div 60$ с – қауғаны жалғау уақыты;

$K_3=0,9$ – қауғаның толтырылу коэффициенті;

V_6 – қауғаның сыйымдылығы, м^3 .

II фаза бойынша:

$$T_{II} = \frac{\varphi_2 \cdot V \cdot K_K \cdot (1 - \alpha)}{N_p \cdot P_y}, \text{ сағ}; \quad (5.32)$$

мұндағы $\varphi_2 = 1 \div 1,15$ – жұмыстардың біркелкі еместігін ескеретін коэффициент;

N_p – жыныстарды жинаудағы жұмысшылар саны;

$P_y = 1 \div 1,4 \text{ м}^3/\text{сағ}$ – жыныстарды жинаудағы бір жұмысшысының өнімділігі.

Дайындық-аяқтау операцияларының ұзақтығы $T_{д.а}$ қолмен жүргізу тиегішін қолданғанда $0,25 \div 0,3$ сағ, ал механикаландырылған КС–2У/40 машинасын қолданғанда $0,5 \div 0,8$ сағатқа тең болады.

Бір енбені (заходканы) бетондау жұмыстарының ұзақтығы келесі формуламен анықталады:

$$T_{бек} = \frac{(\mu \cdot S_{вч} - S_{св}) \cdot h_0}{P_6} + t_{ком}, \text{ сағ}; \quad (5.33)$$

мұндағы $\mu = 1,03 \div 1,05$ – қазба қимасының артық өлшемін ескеретін коэффициент;

$S_{вч}, S_{св}$ – оқпанның көлденең қимасының қара және сәулелі аудандары, м^2 ;

h_0 – қалыптаманың биіктігі, м;

P_6 – қалыптамаға бетонды жеткізудегі жұмысшылардың еңбек өнімділігі, (бір бетон өткізгіш болғанда

$P_6 = 6 \div 8 \text{ м}^3/\text{сағ}$, екі бетон өткізгіш болғанда

$P_6 = 10 \div 12 \text{ м}^3/\text{сағ}$);

$t_{ком} = 2 \div 4$ сағ – көмекші жұмыстарды орындауға кететін уақыт.

Құбырларды ұзарту ұзақтығы, егер олар бетон бекітпеге ілінсе $0,5 \div 1$ сағ/м, ал егерде канатқа ілінетін болса, онда шамамен $0,1 \div 0,2$ сағ/м деп қабылдауға болады.

Графикте 1 сағат уақытты, бетонның қатаюы мен жақсы бірігуі үшін керек үзіліс деп қарастыру қажет. Яғни, бұл уақытта көмекші жұмыстар жүргізіледі, $T_{кат} = 1$ сағ.

Жұмысшыларды оқпанның кенжарына түсіріп, жер бетіне көтеру уақыты мына формуламен анықталады:

$$T_{\text{түс}} = \frac{0,25 \cdot T_{\text{ц}}}{T_{\text{ауысым}}}, \text{ сағ}; \quad (5.34)$$

мұндағы $T_{\text{ауысым}}$ – ауысымның ұзақтығы, сағ.

Оқпанды өтуде бірлескен схема қолданылса, циклдердің есептік ұзақтығы былай анықталады:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{бұр}} + T_{\text{оқ}} + T_{\text{жел}} + T_{\text{к.ж}} + T_{\text{тиеу}} + T_{\text{бек}} + T_{\text{кат}} + T_{\text{түс}}, \text{ сағ}. \quad (5.35)$$

Параллельді-қалқанды схеманы қолданғанда:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{бұр}} + T_{\text{оқ}} + T_{\text{жел}} + T_{\text{к.ж}} + T_{\text{тиеу}} + T_{\text{түс}}, \text{ сағ}. \quad (5.36)$$

Кезекті схеманы уақытша бекітпемен бекіту арқылы қолданғанда, циклдің есептік ұзақтығы былай анықталады:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{бұр}} + T_{\text{оқ}} + T_{\text{жел}} + T_{\text{к.ж}} + T_{\text{тиеу}} + T_{\text{у.б}} + T_{\text{түс}}, \text{ сағ}; \quad (5.37)$$

мұндағы $T_{\text{у.б}}$ – уақытша бекітпені тұрғызуға кететін уақыт, сағ.

$$T_{\text{у.б}} = \frac{q \cdot T_{\text{ауысым}}}{N_{\text{пр}} \cdot K_{\text{к}}}, \text{ сағ}; \quad (5.38)$$

мұндағы q – уақытша бекітпені тұрғызудағы еңбек сыйымдылығы, адам-ауысым;

$T_{\text{ауысым}}$ – ауысым ұзақтығы, сағ;

$N_{\text{пр}}$ – бекітумен айналысатын проходчиктер саны;

$K_{\text{к}}$ – қазба нормасын асыра орындаудың жоспарлық коэффициенті.

Оқпан өту жұмыстарын ұйымдастыруды талдау үшін мысал ретінде, «Алматыметрополитен» құрылысының бірінші кезегінің техникалық жобасы мен тәжірибесінің деректерін қарастытамыз [14].

Жоба бойынша 6 жұмыс-монтаждық және 9 желдету шахта оқпандарының құрылысы қарастырылған. Барлық оқпандар үшін кәдімгі бірлескен ұңғылау схемасы, қазбаның кенжар тұсында тұрақты бекітпені тұрғызу әдісі қабылданған.

Оқпан қазу тәжірибесі көрсеткендей, «Алматыметрополитен» жерінің қойтасты-малтатасты тау-геологиялық жағдайында, грейферлік тиегіштің тиімді жұмыс

істеуі үшін, таужыныстарын алдын ала қопсытып қопару керектігі анықталды.

Желдету оқпандарын бекітуге – құрастырмалы шойын тюбинг қаптамаларын қолдану қабылданған. Ал кенжарды қазып-бекіту жұмыстары бір тюбинг сақинасы көлемінде жүргізіледі.

Техника-экономикалық дәйектемеден (ТЭО) өзгеше, бұл жобада жұмыс монтаждық оқпандарды тұрғызғанда шойын тюбингтердің орынына, тұтас бетон бекітпелері қабылданған. Ол бір оқпан көлемінде 300 мың руб қаржы үнемдеуге мүмкіндік берді. Бұл оқпандарды жүргізу 1,5–2 м енбелермен, ЦНИИ подземмаштың жылжымалы қалыптамасын пайдаланып орындалды.

Оқпандары қазуға ұңғымалық кешендер (комплекстер) қолданылды.

Алматыметрополитені құрылысындағы №14 жұмыс-монтаждық бас оқпанының технологиялық картасы бойынша ұңғымалау жұмыстарының ұйымдастырылуын қарастыралық.

Оқпанды 25 м тереңдікке дейін ұңғымалау, жүк-көтергіштігі 16 т болатын екі кранның (ДЭК-251 және “Като” НК–1605) көмегімен жүргізіледі. Таужыныстарын қопсытып қопару, оқпанның ортасынан қабырғаларына қарай қалыңдығы 0,5 м қабатпен МО-9 уатқыш пневмобалғалармен жүргізіледі. Құрастырмалы қаптаманы қолданғанда енбе мөлшері 1 м және 2 м тұтас бетон бекітпесінде қопсытылған жыныстар БПС-1 қауғасына тиеледі.

Ұңғымалық кәсек (рама) ретінде нөлдік кәсек пайдаланылады. Нөлдік кәсекте ЛППГ шығыры, ал тюбингтерді құрастыру үшін (оқпанды құрастырмалы қаптамамен жүргізгенде) шамдарды ілуге РПМ-0,25 шығыры, бетон үшін қабылдау бункері (оқпанды тұтас бетонмен бекіткенде), клеть пен қауға өтетін тесіктердің қақпақтары орнатылады.

Кенжардағы қопсытылған жыныстар КС-3 пневмотиегішімен жиналып тиеледі де, ол оқпанға “Като” кранының көмегімен түсіріледі. Сыйымдылығы 1 м³ БПС-1 қауғасына жыныс тиеліп, ол ДЭК-251 кранымен жер бетіне

көтеріледі де, ПСБ-2 бункеріне төгіледі. Жыныстар қауға ернеуінен 100 мм төмен тиеледі. Қауғаны көтерген кезде оқпандағы басқа жұмыстар тоқтатылады.

Тюбингтер арнайы траверсалардың көмегімен ДЭК-251 кранының ілмегімен оқпанға түсіріледі. Траверсаның канаты, тюбингтің шеттік қабырғасындағы болттық тесіктерден өткізіліп бекітіледі. Кенжарда тюбингті ЛППГ шығырының ілмелік қондырғысына бекітілген арнайы трапқа ағытып түсіреді. Ол шығырдың көмегімен орнатылатын жеріне тартылып, бұрынғы орнатылған тюбингтерге болттармен бекітіледі.

Оқпанды тұтас қаптамамен жүрген кезде диаметрі 159 мм оқпанда орнатылған құбыр арқылы бетон кенжарға жеткізіледі. Қаптаманың сыртына диаметрі 150 мм иіlmелі бетон құбырының көмегімен арнайы тесіктерден бетон вибраторлармен тығыздалып салынады. Бетон салған кезде иіlmелі бетон құбыры қалыптаманың көтеруші элементтеріне камыт арқылы бекітіліп қоюы тиіс.

Бетон ерітіндісінің алғашқы және бақылаулық айдалуы С-263 ерітінді сорабымен жүргізіледі. Ал адамдардың оқпанға түсіп-шығуы үшін, ұңғымалық баспалдақ орнатылады да, ол оқпан тереңдеген сайын ұзартылып отырылады. Жүктерді түсіріп және көтеру кездерінде оқпан ауызының маңайында адамдардың болуына рұқсат етілмейді.

Оқпанды жер бетімен байланыстыру үшін сәуле-дыбыстық дабылдама (сигнализация) орнатылып, барлық жұмысшылар онымен танысып, дабыл бере білуі керек.

Оқпан ЛППГ шығырының канатына ілінген құтқару баспалдағымен қосымша жарақтануы тиіс. Материалдарды түсіріп-көтеру кезінде адамдардың баспалдақпен жүруіне тыйым салынады. Оқпан периметрі бойынша биіктігі 1,2 м торлы шарбақпен қоршалып қойылады.

5.14, 5.15 және 5.16-кесте-графиктерде мысал ретінде, Алматы метрополитені құрылысы жобасындағы оқпанда 25 м тереңдікке дейінгі қазба жұмыстарды ұйымдастыру көлемдері мен циклограммалары келтірілген.

5.14-кесте

Оқпанның шойын тубингпен және тұтас бетонмен бекітпелеген кездегі жұмыстар көлемінің тізімі (1 м тереңдігіне)

№	Жұмыс түрлерінің атаулары	Өлшемдер бірлігі	Көлемі	
			Шойын тубинг қаптама-сымен	Тұтас бетон қаптама-сымен
1	Оқпандағы таужынысын қол уатқыш балғаларымен қазу және жер бетіне көтеру	м ³	51,3	55,0
2	Жынысты қолмен күреп салу	м ³	0,25	0,28
3	Қаптама сыртына ерітіндіні алғашқы айдамалау	м ²	25,4	26,3
4	Қаптама сыртына ерітіндіні қорытынды айдамалау	м ²	25,4	26,3
5	Қолданылатын техника:			
	ДЭК-251 краны	м. ауысым	4,24	5,13
	«Като» автокраны	м. ауысым	4,24	5,13
	С-214 ерітінді араластырушы	м. ауысым	0,87	0,8
	СБ-69 автобетон араластырушы	м. ауысым	-	4,15
	ЗИЛ (Камаз) автосамосвалы	м. ауысым	5,95	5,93
6	Ұңғыманың баспалдақты орнату		0,33	0,33

5.15-кесте-график
Оқпанды шойын тубинг қаптамамен өту циклограммасы (1 м үшін)

№	Жұмыс атқалуы	Қиындық	Көлемі	Уақыт нормасы, адам.сағ		Операциялар ұзақтығы, сағ	1-ауысым						2-ауысым						3-ауысым					
				біреуіне	барлық көлеміне		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	Ауысым және құралдардың кенжазға түсуі	-	-	-	-	0,25																		
2	Жынысты уатқыш бағалармен қолысу және жер бетіне шығару	м ²	51,3	1,94	99,5	16,6																		
3	Шойын тубингтердің сақинасын құрастыру	т	21,77	2,43	52,9	8,2																		
4	Ерігіліліні алғашқы айдау	м ²	25,36	0,272	6,9	3,45																		
5	Ауысымды көтеру	-	-	-	-	0,25																		

Оқпан өтудің айлық жылдамдығы: $v_{ай} = 23,6$ м/ай.

5.15-кесте-графиктің жалғасы

№	Жұмыс атауы	Өлшемдері	Көлемі	Уақыт нормасы, адам.сғ		Операциялар ұзақтығы, сғ	1-дұрыс						2-дұрыс						3-дұрыс					
				біреуіне	барлығы		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	Ауыс және құралдардың кенжарға түсуі	-	-	-	-	0,25																		
2	Жылысты уатқыш балалармен қолсыту және жер бетіне шығару	м ²	51,3	1,94	99,5	16,6																		
3	Шойын пюбингтердің саинасын құрастыру	т	21,77	2,43	52,9	8,2																		
4	Ертілдіні алғашқы айлау	м ²	25,36	0,272	6,9	3,45																		
5	Ауысмамы көтеру	-	-	-	-	0,25																		

5.16-кесте-график

[illegible]

5.16-кесте-графиктің жалғасы

№	Жұмыс атаулары	Уақыты, сат	7-ауысым						8-ауысым						9-ауысым						10-ауысым						11-ауысым						12-ауысым						13-ауысым						
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6							
1	Ауысым және құралдардың кенжарға түсуі	0,25																																											
2	Жылысты уатқыш балғалармен қопсыту және жер бетіне шығару	35,6																																											
3	Темір арқау қаржастарды орнатып, оқпан қабырғасын бастондау	24,9																																											
4	Бетон ерітіндісін алашқы айдамалау (2 адам)	7,2																																											
5	Ауысымды көтеру	0,25																																											

Оқпан өтудің айлық жылдамдығы: $v_{\text{ай}} = 19,5$ м/ай.

5.7. Тәжірибелік курстық жұмыстың тақырыбы және орындау талаптары

Мысалға, курстық жұмыстың (жобаның) тақырыбы мынандай болуы мүмкін: «Метроның жұмыс-монтаждық тік оқпаны құрылымының технологиясын жобалау».

Курстық жұмыс студенттерге берілген жеке тапсырмаларға сәйкес орындалады. Курстық жұмыс – стандарттық А-4 қағазға жазылған, көлемі 25-30 бет, түсіндірме жазба және А-1 форматты ватманға сызылған екі графикалық сызбадан тұрады.

Метро оқпанын қазу технологиясын есептеп жобалау, ұңғымалық циклдің негізгі операцияларын қамтиды. Есептеу КС типті ұңғымалық кешенді пайдалану бойынша жүргізіледі. Бұл – кешен оқпанды бірлескен технологиялық схемамен жүргізуге керекті стандарттық жабдықтармен жасақталған.

Оқпан жүргізу технологиясын жобалау, түсіндірме жазбада мынадай кезекпен жүргізілуі тиіс:

1) оқпан көлденең қима пішінін және бекітпенің түрін таңдау;

2) оқпанның таза сәулелі диаметрі бойынша ұңғымалық кешенді таңдау;

3) оқпандағы таужыныстарын жинап көтеру үрдістерін есептеу;

4) оқпандағы жыныстардың орнықтылығы мен бекітпеге түсетін жүктемелерді есептеу;

5) бекітпенің түрін таңдау және оның мықтылық өлшемдерін есептеу, оқпанның қазбадағы қара диаметрін анықтау;

6) оқпандағы қауғамен сутөкпе және желдетуді есептеу;

7) бекітпені тұрғызу жұмыстарын есептеу және оқпан өтудегі жұмыс операцияларын ұйымдастыру графигін құрастыру.

5.17-кесте

Курстық жұмыстың бастапқа деректері

№	Жобалау көрсеткіштері	Варианттар													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	Оқпанның тереңдігі, H , м	30	40	50	60	35	45	55	65	70	42	54	62	80	
2.	Оқпанның сәулелі диаметрі, м	6,0	7,5	7,5	5,5	7,5	6,2	6,5	7,0	7,5	7,0	6,0	7,0	7,5	
3.	Жылыстар массивтілігі кәсіптері: 1-қабат – саздақты және мұлттасты тоқпелі топырақ:														
		қалыңдығы, h_1 , м	3,0	4,0	5,0	4,5	2,5	3,5	4,2	5,2	4,7	3,2	6,0	4,6	5,5
		бекемдік коэффициенті, f_1	0,6	0,7	0,8	0,9	0,55	0,75	0,65	0,85	0,9	0,65	0,8	0,7	0,8
		құрылымдық әлсіреу коэффициенті, K_{C1}	0,6	0,65	0,8	0,7	0,5	0,55	0,65	0,45	0,7	0,35	0,7	0,65	0,8
		көлемдік тығыздығы, γ_1 , т/м ³	1,52	1,58	1,55	1,6	1,45	1,6	1,5	1,70	1,55	1,6	1,65	1,5	1,55
4.	2-қабат – қойтасты, мұлттасты, құмдақты-саздақты топырақ және жылыстар:														
		қалыңдығы, h_2 , м	27	36	45	55,5	32,5	41,5	50,8	59,8	65,3	38,8	48	57,4	74,5
		бекемдік коэффициенті, f_2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,45	1,65	1,7	1,75	1,8	1,55	1,65	1,70	1,8
		құрылымдық әлсіреу коэффициенті, K_{C2}	0,5	0,55	0,6	0,7	0,45	0,5	0,65	0,7	0,6	0,55	0,65	0,7	0,6
		көлемдік тығыздығы, γ_2 , т/м ³	2,15	2,20	2,25	2,30	2,10	2,2	2,3	2,4	2,45	2,25	2,3	2,35	2,4
5.	Су өткізгіш, м ³ /сғ	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	5,5	6,5	7,5	8,5	6,0	6,5	7,0	7,5	
6.	Ауысмадағы адам саны	9	10	11	12	15	10	12	14	15	10	11	14	16	
7.	Жылыстардың орташа қолсу коэффициенті, K_p	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,65	1,7	
8.	Бетон бекітмесінің есепті келерігі, R_b , МПа	9,0	11,0	11,0	13,5	9,0	11,0	11,0	13,5	17,5	13,5	11,0	13,5	15,5	

Графикалық сызбаның бірінші жайма беті А-1 форматтағы ватманда (1:25, 1:30, т.б.) масштабпен оқпанды жүргізудің қабылданған бірлескен технологиялық схемасы: оқпанның ұзынабойлық және көлденең қималары келтіріледі. Көлденең қимада көтерме ыдыстарының (оқпан диаметріне байланысты скиптер-екі ыдысты және клет-бір ыдысты) контурлары, оқпан арқаулары, қауіпсіздік саңылаулары, бекітпе, баспалдақ пен кабель бөлімшілері көрсетіледі.

Екінші жайма бет ватманда масштабпен бұрғылау-аттыру жұмыстарының (БАЖ) құжаты (егер ол жүргізілсе), көтерме циклінің графигі, желдету схемасы келтіріліп, оқпан өту жұмыстарының ұйымдастыру циклограммасы сызылады.

Курстық жұмыстың бастапқа деректері 5.17-кестеде келтірілген.

Бақылау сұрақтары

1. Оқпан қимасының пішінін таңдау шарттары?
2. Оқпанның көлденең қимасының өлшемдерін анықтау жолдары?
3. Оқпан өтудегі технологиялық схемалар?
4. Оқпанды желдету жолдары?
5. Оқпанды желдетуге керекті ауа мөлшерін анықтау, желдеткіштің түрін анықтау?
6. Оқпан өтудегі жыныстарды тиеу жұмыстары, тиеу машиналары, кешендері?
7. Таужыныстарын қолмен жүргізетін грейферлі машинамен тиеу жұмыстары, КС-3 тиегішінің сипаттамасы?
8. КС-2У/40 тиегіш машинасының ауысымдық өнімділігін анықтау жолдары.
9. Оқпан өтудегі көтерме, көтерме қондырғысын таңдау?
10. Бір сағаттағы мүмкін болатын көтерме санын анықтау, бір бағыттағы қауғаның қозғалу циклінің ұзақтығын есептеу?
11. Оқпан өту кезіндегі қолданылатын қауғалар, бағыттаушы кәсектер, жалғау қондырғылары?

12. Көтермедегі қолданылатын канаттардың түрлерін анықтау, көтерме машинасын таңдау.
13. Оқпан өтудегі сутөкпе түрлері, қауғалық сутөкпені есептеу, сораптарды таңдау?
14. Оқпан өтудегі технологиялық схемалардың бір-бірінен айырмашылықтары, қолдану аймағы?
15. Оқпан өтудегі бекіту жұмыстары, бекітпе түрлері?
16. Тік оқпан жыныстарының орнықтылығын (С) және бекітпелерге түсетін жүктемелерді (P_n , P^H) есептеу жолдары?
17. Тік қазбаның тұтас бетон, бүрікпе бетон бекітпесінің қалыңдығы (δ_K) қалай анықталады?
18. Оқпанды тұтас бетонмен бекіту технологиясы, бетон қоспаларын дайындау және тасымалдау.
19. Жыныстарды тиеу ұзақтығын анықтау.
20. Циклдердің пайымдалған ұзақтығын анықтау жолдарын түсіндіріңіз?
21. Оқпанды өту циклдерінің параметрлерін есептеу жолдары, жұмысты ұйымдастыру графигін құрастыру?
22. Алматы метрополитені құрылысының бірінші кезегінің техникалық жобасындағы оқпан өту жұмыстарының ұйымдастырылу жолдары, көрсеткіштері?

6. МЕТРОПОЛИТЕННІҢ ЭСКАЛАТОРЛЫҚ ТОННЕЛІ ЖӘНЕ ВЕСТИБЮЛІ ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

6.1. Эскалаторлар және эскалаторлық тоннельдер туралы жалпы мағлұматтар

Метрополитеннің жолаушыларды станция платформаларынан жер бетіне көтеруге және жер астына түсіруге ыңғайлы тік немесе көлбеу көліктері болуы тиіс.

Салыстырмалы үлкен емес көтерімдер немесе түсірулерге жолаушылардың тік жылжуын, ыңғайлы сатылар тұрғызу жолымен атқаруға болады. Бұл жағдайларда көтеру биіктігі негізінде 5–7 м-ден артық болмайды. Одан үлкен биіктікке көтерілгенде, метрополитен станцияларындағы жолаушылардың жүріп-қозғалуы тік немесе көлбеу бағыттағы көліктермен жүргізіледі. Олар үзіліспен немесе толассыз жүретін болуы мүмкін. Үзілісті қимылдап жүретін көтерімдерге – лифттер, патерностерлер, фуникулерлер, т.б. жатады.

Үзіліссіз қимылдап жүретін көтерімдерге – эскалаторлар немесе жылжымалы баспалдақтар жатады. Олардың бір деңгейден екіншіге дейін қозғалып жүруі, көлбеу кеңістікте болады да, тік көтеретін машиналардың түріне толығынан жатқызуға болады. [1, 3, 6].

Көтеру биіктігіне байланысты эскалаторлар үш түрге бөлінеді:

- 1) жеңіл типті, аздаған тіреулері бар, көтеру биіктігі 3,5-тен 10 м-ге дейін;
- 2) орташа түрлі эскалаторлар, көп тіректі, көтеру биіктігі 10–40 м-ге дейін;
- 3) ауыр түрлі эскалаторлар, көтеру биіктігі 40 м-ден жоғары.

Метрополитен станцияларында орнатуға арналған ТМД (СНГ) зауыттарында жобаланып жасалған эскалатор түрлері жатады:

1) Мәскеудің «Подъемник» зауытында жасалған көтеру биіктігі 10 м дейінгі Э-1 эскалаторлары, олар Мәскеу метрополитені станцияларының бірінші кезегінде орнатылған;

2) Ленинградтың «Красный металлист» зауытында жасалған көтеру биіктігі 30 м Н-30 эскалаторлары, олар да Мәскеулік метрополитеннің бірінші кезегінде орнатылған;

3) «Красный металлист» зауытында жасалған биіктігі 12 м-ге дейінгі, Н-10 және 40 м дейінгі көтеру биіктігі Н-40 эскалаторы, олар Мәскеулік метрополитеннің екінші кезегінде орнатылған;

4) Соғыстан кейінгі кезеңде Перов машина жасау зауытында жасалған көтеру биіктігі 14 м-ге дейінгі ЭМ-1 және көтеру биіктігі 40 м-ге дейінгі ЭМ-4 және ЭМ-5 эскалаторлары;

5) «Красный металлист» зауытында жасалған ЛТ-1 эскалаторы;

6) Соңғы он жылдықта Ленинградтағы «Котляков» атындағы эскалатор жасау зауытында жасалған ЛТ-2, ЛТ-3 және ЛТ-4 орташа және ауыр түрдегі эскалаторлары. Бұл эскалаторлар кіші габаритті көлбеу тоннельдерде орнатуға арналған;

7) «Котляков» атындағы зауытта жасалған жеңіл типті ЛП-6, ЛП-6А эскалаторлары.

Барлық аталған эскалаторлар, метрополитен станцияларында орнатуға арналған. Олардың сатыларының ені 1 м-ге тең және жылжу табанының жылдамдығы 0,75 м/сек. Соңғы жылдарда эскалатордың бір қатары 0,94 м/сек жылдамдыққа ауыстырылған. Метрополитен станцияларының көп жағдайларында 1 адамды маршты эскалаторлар орнатылады.

Жасаушылардың бір сағаттағы санымен өлшенетін эскалатордың бір таспасының өту өнімділігі, жалпы түрде мына формуламен көрсетілуі мүмкін:

$$S = 3600 \frac{v}{t_{CT}} \cdot n \cdot \varphi, \quad \text{жол/сағ}; \quad (6.1)$$

мұндағы n – бір сатыдағы жолаушылардың саны;

v – баспалдақ сатысының жүру жылдамдығы, м/сек;

t_{CT} – сатылар қадамы, м;

φ – тақтаны жүктеудің есептік коэффициенті.

Эскалатордың өту мүмкіншілігін анықтауға бұл шамалар былай қабылданады:

$$n=2; \quad v=0,9 \text{ м/сек}; \quad t_{CT}=0,40 \text{ м}; \quad \varphi=0,5.$$

Бұл жағдайда эскалатордың өту мүмкіншілігі мынаны құрайды:

$$S = 3600 \frac{0,9}{0,40} \cdot 2 \cdot 0,5 = 8100 \text{ жолаушы/сағ.}$$

Метрополитен станцияларында эскалатордың эскалаторлық таспалар санын есептеуге бұл шама, СНиП бойынша анықталады. Терең орналасқан метрополитен станцияларында қызмет атқаратын эскалаторлар, арнайы эскалаторлық тонннельдерде немесе көлбеу жүріс жолдары деп аталатын қазбаларда орналасады. Станциялық платформаларды вестибюльдермен қосатын эскалаторлық тонннельдерде, басты көтерме эскалаторлары орналасады. Тоннельдегі олардың таспа саны, үштен кем болмауы тиіс. Отырғызу буындарын немесе жерасты вестибюлін жер бетімен қосатын эскалаторлар, әрбір көлбеу тонннельдерде – екі таспалы болуы тиіс.

Таяз қазылған станцияларда эскалаторлар, станциялық ғимараттармен бірлескен кешенді құрайтын, арнайы темірбетонды конструкцияларда орналасады. Бір тоннельдегі эскалаторлық таспаларды орналастыру кезінде талап етілетін санына байланысты (олардың ені 1 м кезінде), тоннель қаптамалардың сыртқы диаметрлері мынадай болады: 2 таспаға 6 м; 3 таспаға 8,5 м және 4 таспаға 11,5 м.

Тұрақты тоннельдердің қымбат тұратын ішкі қаптамаларын, жерасты суларынан сақтау үшін, егер олар эскалаторлық тоннель қаптамасының гидроизоляциясы арқылы өтіп кеткен жағдайда, тоннель ішінде негізгі конструкциясынан 100 мм ара қашықтықта судан сақтайтын арнайы шатырды іліп қояды. Бұл шатыр жерасты суының тоннельдің ішкі

қаптамасына өтуіне бөгет болады да, дренаждар жүйесіне суды айдайды. Судан сақтағыш шатырдың конструкциясы – қалыңдығы 12 мм асбестцементтік астауыштардан тұрады. Олар тубинг жақтауындағы арнайы тесіктерде бұралатын 22 мм диаметрлі металл шпилкалармен, тубингті қаптамаға бекітеді.

6.2. Эскалаторлық тоннельдің уақытша қазбасының қазаншұңқырын қазу

Метро станциясының негізгі технологиялық нысандарын тұрғызу мына ретте қарастырылады.

1) Эскалаторлық тоннельдің уақытша ауызбасының шұңқырын қазу.

2) Жер бегін ұңғылау жабдықтарымен жабдықтау.

3) Эскалаторлық тоннельдерді ұңғылау және жабдықтау.

4) Тоннельді ұңғылау кезінде орнатылған жер бетіндегі жабдықтарды қайта құрау.

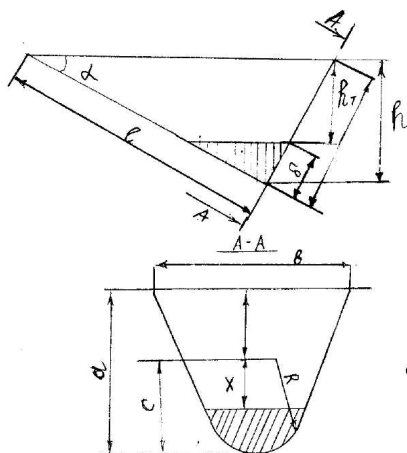
5) Станция вестибюлінің шұңқырын дайындау.

Эскалаторлық тоннельді ұңғылар алдында уақытша ауызбасы үшін арнайы қазаншұңқыр қазылады. Қазаншұңқырдағы топырақ тереңдігі 5,5 м-ге дейін кері күрекшемен жабдықтаған экскаватормен қазылып, самосвалмен тасылып шығарылады.

Көрсетілген тереңдікте топырақты (жерді) қазғаннан кейін, шұңқыр аумағының қалыңдығы 5 см бүрікпе бетонмен, металл торлардың үстіне бекітіледі. Тереңдігі 6 м-ге дейінгі жердің қалған бөлігі уатқыш соққы балғаның көмегімен, қолмен қазылады. Жерді жобалық белігіге дейінгі қазумен бірге, тұйықталмаған тубингтер сақинасының сегменттерін құрастырады.

Соңғы сегменттің өлшемі, тоннельдің жарты қимасына тең.

Тоннельдің уақытша ауызбасы шұңқырының көлемі, параболалық цилиндрден көлбеу жазықтықпен қисылған келбет сияқты анықталады (6.1-сурет).



6.1-сурет. Тоннельдің ауызбасы шұңқырының қимасы

Шұңқырдың көлемі:

$$V_K = \frac{4}{15} \cdot a \cdot l \cdot b, \text{ м}^3; \quad (6.2)$$

мұндағы a, l, b – шұңқыр жақтарының беттері;

$$a = \frac{h}{\cos \alpha}, \text{ м}; \quad l = \frac{h}{\sin \alpha}, \text{ м};$$

$$b = 2 \cdot (C + D - h) \cdot \operatorname{tg} \beta, \text{ м};$$

мұндағы h – ауызбасы шұңқырының тік биіктігі;

$$h = 6 \text{ м}; \alpha = 30^\circ;$$

$$C = \frac{D}{2} \bigg/ \sin \beta = \frac{9,9}{2} \bigg/ \sin 30^\circ = 9,9 \text{ м};$$

D – тоннельдің диаметрі, $D = 9,9 \text{ м}$, $\beta = 30^\circ$;

$$a = \frac{6}{\cos 30^\circ} = 6,93 \text{ м}; \quad l = \frac{6}{\sin 30^\circ} = 12, \text{ м}.$$

$$b = 2 \cdot (9,9 + 9,9 - 6,93) \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 14,89 \text{ м}.$$

$$V_K = \frac{4}{15} \cdot 6,93 \cdot 12 \cdot 14,89 = 330 \text{ м}^3.$$

Қолмен алынатын жыныстың көлемі:

$$V_P = \frac{4}{15} \cdot \delta \cdot b' \cdot x, \text{ м}^3; \quad (6.3)$$

мұндағы δ, b', x – қолмен алынатын қазаншұңқырдың жақтары.

$$x = \frac{h}{\sin \alpha}, \text{ м}; \quad b' = 2 \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - K^2}, \text{ м};$$

$$\delta = \frac{h'}{\cos \alpha}, \text{ м};$$

мұндағы $h = 0,5 \text{ м}, h' = 0,5 \text{ м}, D = 9,9 \text{ м}, \alpha = 30^\circ,$
 $K = R - \delta; R = 4,95 \text{ м}.$

$$x = \frac{0,5}{\sin 30^\circ} = 1 \text{ м}.$$

$$\delta = \frac{0,5}{\cos 30^\circ} = 0,58 \text{ м}.$$

$$K = 4,95 - 0,58 = 4,37 \text{ м}.$$

$$b' = 2 \sqrt{\left(\frac{9,9}{2}\right)^2 - (4,37)^2} = 4,65 \text{ м}.$$

$$V_P = \frac{4}{15} \cdot 0,58 \cdot 4,65 \cdot 1 = 0,72 \text{ м}^3.$$

Кемерлерді тазалауды ескере отырып, қолмен алынатын жыныстың көлемін 5 м^3 деп қабылдаймыз.

Экскаватормен алынатын жыныс көлемі:

$$V_{ЭК} = V_K - V_P, \text{ м}^3.$$

$$V_{ЭК} = 330 - 0,72 = 329,28 \text{ м}^3.$$

Шұңқырдан жынысты қазу, конвейерлік (науалық) әдіспен ұйымдастырылады. Бұл кезде экскаватор мен онда қызмет

ететін адамдардың тұрып қалуы болмайды. Экскаватордың үзіліссіз жұмысына самосвалдардың қажетті саны, олардың өнімділіктерінің теңдік шарттарымен анықталады:

$$N = \frac{q_{\text{эс}}(2L + t_p \cdot \omega) + V_K \cdot \omega + t_m \cdot q_{\text{эс}} \cdot \omega}{V_C \cdot \omega + t_m \cdot q_{\text{эс}} \cdot \omega}; \quad (6.4)$$

мұндағы $q_{\text{эс}}$ – экскаватордың өнімділігі, $q_{\text{эс}} = 30 \text{ м}^3/\text{сағ}$;

L – тасымалдау ара қашықтығы, $L = 20 \text{ км}$;

ω – самосвалдың жүру жылдамдығы, $\omega = 40 \text{ км/сағ}$;

t_p – үйіндіде самосвалдың жынысты түсіру уақыты,

$$t_p = 0,1 \text{ сағ};$$

$V_K = 6 \text{ м}^3$ самосвал кузовының сыйымдылығы;

t_m – тиеу алаңында автомашинаның бірлік маневрлік уақыты, $t_m = 0,1 \text{ сағ}$;

$$N = \frac{30(2 \cdot 20 + 0,1 \cdot 40) + 60 \cdot 40 + 0,1 \cdot 30 \cdot 40}{6 \cdot 40 + 0,1 \cdot 30 \cdot 40} = 4,6 \approx 5.$$

5 – самосвал деп қабылдаймыз.

Экскаватормен шұңқырдан жынысты қазуға кететін уақыт:

$$T = \frac{V_{\text{эс}}}{q_{\text{эс}}} + \frac{V_{\text{эс}}}{V_C} \cdot t_m, \text{ сағ.} \quad (6.5)$$

$$T = \frac{325}{30} + \frac{325}{6} \cdot 0,1 = 16,25 \text{ сағ.}$$

Тәулігіне екі ауысымдық жұмыстың ұзақтығы мынаны құрайды:

$$\frac{T_1}{218} = \frac{16,25}{16} = 1,01 \approx 1 \text{ тәулік.}$$

Қазаншұңқыр қиябеттерін бекітпелеу ұзақтығы:

$$T_{\text{от}} = \frac{S_{\text{от}}}{q_T} + t_{\text{от}} = \frac{S_{\delta} + S_{\lambda}}{q_T} + t_{\text{от}}, \text{ сағ}; \quad (6.6)$$

мұндағы q_T – торкретбетондау өнімділігі, $q_T = 15 \text{ м}^3/\text{сағ}$;

t_{OT} – торкретбетондау кезіндегі дайындық-аяқтау жұмыстарының ұзақтығы, $t_{OT} = 7$ сағ;

S_{δ} – қиябет бүйірлерінің ауданы:

$$S_{\delta} = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{2}, \text{ м}^2.$$

$$S_{\delta} = \frac{3,14 \cdot 9,9 \cdot 12}{2} = 187 \text{ м}^2.$$

$S_{л}$ – маңдай алды бөлігінің беті.

$$S_{л} = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h, \text{ м}^2;$$

$$S_{л} = \frac{2}{3} \cdot 14,89 \cdot 6 = 60 \text{ м}^2;$$

$$T_{OT} = \frac{187 + 60}{15} + 7 = 23 \text{ сағат.}$$

Ұңғылау жабдықтарымен эскалаторлық тоннельдерді жасақтау ұзақтығы кеңістік пен уақыт бойынша, жұмыстың жекелеген түрлерін біріктіру мүмкіндігімен шартталады. Бірақ, метро құрылысы кәсіпорнында тек қана жұмыстың тұрақты жоспар көлеміне есептеліп анықталғаны, керекті жұмысшылар саны болады. Сондықтан, құрылыс-монтаждау жұмыстарының белгілі бір түрі кезекпен орындалады. Ол тоннельді ұңғылау жабдықтарымен жасақтаудың салыстырмалы түрде ұзаққа созылуына әкеліп соқтырады. Бір жұмыстың орындалуы кезінде, екіншісіне қолайлы жағдайдың болуын қамтамасыз ету кезегі сақталады.

6.3. Эскалаторлық тоннельдің көтерме қондырғысын есептеу

Көтерме қондырғысының өнімділігі, кенжардағы скиптін сыйымдылығымен, бір уақытта жұмыс істейтін скиптер санымен, тиелген скипті басқа ауыстыру тәсілімен және рұқсат

етілетін көтерім жылдамдығымен есептеледі. Бір санды көтермені қабылдаймыз [13, 14].

Скиптің сипаттамасы:

Сыйымдылығы – 2 м^3 .

Скиптің массасы – 850 кг .

Канатқа түсетін соңғы жүктеме:

$$Q_K = Q_C + V_C \cdot \gamma, \text{ Н}; \quad (6.7)$$

мұндағы Q_C – скиптің салмағы;

$$Q_C = 850 \cdot g, \text{ Н};$$

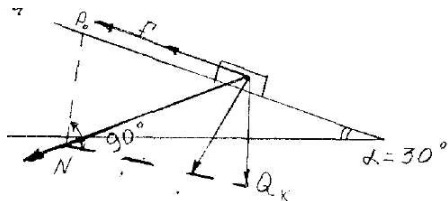
$$Q_C = 850 \cdot 9,8 = 8330 \text{ Н};$$

$$V_C - \text{скиптің көлемі, м}^3, V_C = 2 \text{ м}^3;$$

$$\gamma - \text{жыныстың көлемдік салмағы, } \gamma = 16000 \text{ Н/м}^3;$$

$$Q_K = 8330 + 2 \cdot 16000 = 40330 \text{ Н}.$$

Көтерме машинасының тарту күші, есептік схема бойынша анықталады:



$$P_0 = (Q_K + P_K \cdot L_K) \cdot \sin 30^0 + N \cdot F_{TP}, \text{ Н}; \quad (6.8)$$

мұндағы P_K – 1 м канаттың салмағы, кг/м ;

$$L_K - \text{көтеру ұзындығы, } L_K = \frac{H}{\sin 30^0};$$

$$H = 50 \text{ м}.$$

$$L_K = \frac{50}{\sin 30^0} = 100 \text{ м};$$

$$F_{TP} - \text{скиптің жүргендегі үйкеліс коэффициенті } F_{TP} = 0,2;$$

N – соңғы жүктеме мен канат салмағының реакциясы.

$$N = (Q_K + P_K \cdot L_K) \cdot \cos 30^0, \text{ Н}; \quad (6.9)$$

$$N = (40\,330 + 1,2 \cdot 100) \cdot \cos 30^0 = 35\,030,7 \text{ Н.}$$

$$P_0 = (40\,330 + 1,2 \cdot 100) \cdot \sin 30^0 + 35\,030,7 \cdot 0,2 = 27\,231,15 \text{ Н.}$$

Канат – соңғы жүктемені, өзінің салмағын ұстауы және 7,5 кем емес мықтылықтың еселеуіш коэффициентін қамтамасыз етуі тиіс:

$$S_0 \cdot [\sigma_p] \geq P_0 \cdot 7,5; \quad (6.10)$$

мұндағы S_0 – канат сымдарының қосынды қимасы, м^2 ;

$[\sigma_p]$ – материалдың үзілуіне мықтылық шегі;

$$[\sigma_p] = 160 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2;$$

F және N -ті олардың теңдеулердегі мағыналарымен ауыстырып, алатынымыз:

$$S_0 \cdot [\sigma_p] \geq [(P_0 \cdot L_K + Q_K) \cdot \sin 30^0 + (Q_K + P_K \cdot L_K) \cdot \cos 30^0] \cdot 7,5$$

Бір арқанның салмағын сымдардың қосынды қимасы және металдың көлемдік салмағы арқылы көрсетеміз:

$$P_K = \delta_0 \cdot 1 \cdot \gamma.$$

P_K мәнін алдыңғы теңдеуге қойып, оны S_0 қатынасты шешеміз:

$$S_0 = \frac{7,5(Q_K \cdot F_{TP} \cdot \cos 30^0 + Q_K \cdot \sin 30^0)}{([\sigma_p] - \gamma \cdot L_K \cdot \sin 30^0 - \gamma \cdot L_K \cdot F_{TP} \cdot \cos 30^0)}, \text{ м}^2; \quad (6.11)$$

мұндағы $\gamma = 87\,000 \text{ Н/м}^3$ – металл арқанның тығыздығы.

$$S_0 = \frac{7,5(40\,330 \cdot 0,2 \cdot \cos 30^0 + 40\,330 \cdot \sin 30^0)}{(160 \cdot 10^7 - 8700 \cdot 100 \cdot \sin 30^0 - 8700 \cdot 100 \cdot 0,2 \cdot \cos 30^0)} = 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Иірімдегі сымдар мен иірімелердің аралығында саңылаулар болғандықтан, шынайы канаттың қимасы, сымдардың өздерінің қосынды қимасынан үлкен болады:

$$S_K = K \cdot S_0;$$

мұндағы K – канаттағы сымдардың жиналу тығыздығын есептейтін коэффициент, $K = 2$;

$$S_K = 2 \cdot 1,27 \cdot 10^{-4} = 2,54 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Канаттың диаметрі тең болады:

$$d = 1000 \cdot \sqrt{S_K}, \text{ мм.} \quad (6.12)$$

$$d = 1000 \cdot \sqrt{2,54 \cdot 10^{-4}} = 16 \text{ мм.}$$

1 м канаттың салмағы:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 1 \cdot \frac{7000}{1,5}, \text{ кг.} \quad (6.13)$$

$$P = \frac{3,14 \cdot (0,016)^2 \cdot 1 \cdot 7000}{4 \cdot 1,5} = 1,0 \text{ кг.}$$

Дөңгелек стандарттық канатты қабылдаймыз $d = 22 \text{ мм.}$

Канаттың сипаттамасы

Аттары	Көрсеткіштері
Канаттың диаметрі, мм	$d = 22$
Сымның диаметрі, мм	$d_n = 1,4$
Қимасының ауданы, мм ²	$S_{cee} = 144,6$
Сымдардың үзілуге уақытша есептік кедергісі, МПа	$P = 180$
Үзілу күші, Н	21300

Қабылданған канат шын қосалқы мықтылыққа тексеріледі:

$$m_3 = \frac{P_K}{P_0} = 9,63 > 7,5.$$

Техникалық нормаларға сай көтерме машинасы барабанның диаметрі былай болуы тиіс:

$$D_{\sigma} \geq 60 \cdot d;$$

мұндағы d – қабылданған канаттың диаметрі, мм;

$$D_6 \geq 60 \cdot 22 = 1320 \text{ мм.}$$

Диаметрі жақын стандарттық машинаны $D_3 = 2000$ мм, оны қолдану мүмкіндігі барабанның ені бойынша тексеріледі:

$$B = \frac{(n_b + 3) \cdot (d + \xi)}{a}, \text{ м;} \quad (6.14)$$

мұндағы n_b – барабанға оралатын канат оралымының саны;

3 – барабанда қалатын үйкеліс тармағының саны, дана,
 $3 = 3$ дана;

ξ – канат тармақтары аралығындағы саңылаулар, $\xi = 3$ мм;

a – барабандағы канат қабаттарының саны, $a = 1$.

$$n_b = \frac{l_c + l_T}{\pi D_6}; \quad (6.15)$$

мұндағы l_c – эстакада ұзындығы, м;

$l_c = 7$ мм деп қабылдаймыз;

l_T – тоннельдің ұзындығы, м;

$$l_T = \frac{H}{\sin 30^\circ} = \frac{50}{\sin 30^\circ} = 100 \text{ м.}$$

$$l_c = \frac{7}{\sin 30^\circ} = 14 \text{ м.}$$

$$n_b = \frac{14 + 100}{3,14 \cdot 2} = 18 \text{ оралым.}$$

$$B = \frac{(18 + 3) \cdot (22 + 3)}{1} = 525 \text{ мм.}$$

Барабанның диаметрі және ені бойынша Ц-1,6х1,2 көтерме машинасын қабылдаймыз.

Машинаның сипаттамасы

Атаулары	Көрсеткіштері
Барабанның диаметрі, м	$D_6 = 1,5$
Барабанның ені, м	$B = 1,2$
Көтеру жылдамдығы, м/с	$V = 4$

N – электр қозғалтқыштың қуаты, Вт;

$$N = \frac{\omega \cdot P_0}{0,8}, \text{ Вт.} \quad (6.16)$$

$$N = \frac{3 \cdot 27\,231,15}{0,8} = 102\,117 \text{ Вт.}$$

Көтерме өнімділігі:

$$q_n = n \cdot V_c, \text{ м}^3/\text{сағ}; \quad (6.17)$$

мұндағы n – 1 сағаттағы көтерімдердің мүмкін болатын саны;

V_c – скиптің сыйымдылығы, $V_c = 2,0 \text{ м}^3$;

$$n = \frac{60}{t_n + t_1 + t_2 + t_p}, \text{ дана/сағ};$$

мұндағы t_n – тиеу уақыты, мин:

$$t_n = \frac{V_c}{q_n} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ сағ} = 12 \text{ мин};$$

t_1 – көтеру уақыты, мин;

$t_1 = t_2 = 43 \text{ с} = 0,72 \text{ мин};$

t_2 – түсіру уақыты, мин, $t_2 = 0,72 \text{ мин};$

t_p – скипті аудару уақыты, мин;

$t_p = 15 \text{ с} = 0,25 \text{ мин};$

$$n = \frac{60}{12 + 0,72 + 0,72 + 0,25} = 4,3 \text{ дана/сағ.}$$

$$q_n = 4,3 \cdot 2 = 8,6 \text{ м}^3/\text{сағ.}$$

Жер бетіндегі үйіндіге жынысты тасымалдауға бір самосвал бөлінеді. Кенжардағы ұңғымашылар тобының тоқтап қалуын болдырмау үшін, эстакадағы бункердің сыйымдылығын, жынысты самосвалмен үйіндіге тасымалдағанға кететін уақытты ескере отырып, скиптің сыйымдылығына тең деп қабылдаймыз:

$$V_{\delta} = T_{PC} \cdot n \cdot q_{СП}, \text{ м}^3; \quad (6.18)$$

мұндағы T_{PC} – самосвал рейсінің ұзақтығы, сағ;

$q_{СП}$ – скиптік көтерменің өнімділігі, $\text{м}^3/\text{сағ}$.

$$T_{PC} = t_{ПС} + \frac{2 \cdot L}{\omega} + t_{PC}, \text{ сағ};$$

мұндағы $t_{ПС}$, t_{PC} – самосвалды тиеу және түсіру уақыты, сағ;

L – тасымалдау қашықтығы, км, $L = 25$ км;

ω – самосвалдың жүру жылдамдығы, $\text{км}/\text{сағ}$;

$\omega = 40$ $\text{км}/\text{сағ}$;

$$T_{PC} = 0,1 + \frac{2 \cdot 25}{40} + 0,1 = 1,45 \text{ сағат.}$$

$$V_{\delta} = 1,45 \cdot 4,3 \cdot 8,6 = 53,6 \text{ м}^3.$$

Бір самосвал жұмыс істегенде, оның кузовының сыйымдылығы, бункер сыйымдылығынан кіші болмауы тиіс. Бункерге түсіру биіктігі мен көрсетілген сыйымдылықтағы оның геометриялық өлшемдері, қоршаған қала ғимараттарының тығыз орналасу жағдайларына байланысты, эскалаторлық тоннельдің құлау бұрышы мен эскаданың мүмкін болатын ұзындығымен анықталады.

6.4. Тау қысымын және бекітпені есептеу

Жыныстар балшықпен біріккен құмды-малтатасты шөгінділерден тұратындықтан, серпімділік қасиеттерінен айырылған. Бұл жағдайда бекітпеге түсетін қысым, тепе-теңдік шегіндегі опырылым күмбезіндегі жыныстар салмағымен анықталады [8, 12, 17].

Орнықты жыныстарда опырылым күмбезі тау қазбасының бүйірлеріне сүйенеді. Ал орнықсыз жыныстарда, тау қазбасының контурынан сырт жатқан нүктелерге, соңғы жағдайда, опырылып бұзылу көлемі біршама ұлғаяды (6.2-сурет).

Тау қазбасы бүйіріндегі жыныстың орнықтылығын тексеру.

Жыныстың элементарлық кубына, жыныстың призмасы қысым жасайды. Сөйтіп, оның табанын құрап, біршама тепе-теңдік күмбез де сол призма табанын қамтиды.

Бұл қысым қосынды түрінде былай көрсетіледі:

$$P = K_K \cdot H_K \cdot \gamma, \text{ Н/м}^2 (\text{Па}); \quad (6.19)$$

мұндағы K_K – табиғи тепе-теңдік күмбезінің қымысын

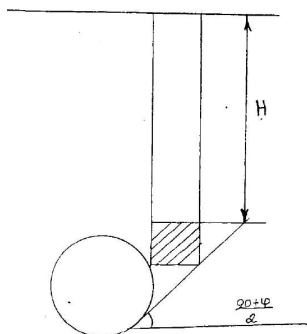
ескеретін кернеу коэффициенті, $K_K = 3$;

γ – жыныстың салмақ күші, $\gamma = 16\,000 \text{ Н/м}^3$;

H_K – элементарлық кубтың үстінде жатқан жыныс кубтарының саны немесе тоннель тереңдігі;

$$H_K = H \cdot 1 = 50 \text{ м.}$$

$$P = 3 \cdot 50 \cdot 16\,000 = 2\,400\,000 \text{ Н/м}^2 = 2,4 \text{ МПа.}$$



6.2-сурет. Эскалаторлық тоннельге түсетін тау қысымын есептеу

Элементарлық кубтың ұстап тұратын қысымы, сығылуға мықтылық шегі $[R_{CBF}]$ – жыныстардың сипаттамаларынан табылады немесе бекемдік коэффициенті бойынша анықталады:

$$f' = f \cdot K_C \cdot \xi = \frac{[R_{CBF}]}{10}, \text{ МПа}; \quad (6.20)$$

мұндағы $K_C = 0,7$ – құрылымдық әлсіреу коэффициенті;

$f = 1,4$ – бекемдік коэффициенті;

ξ – мықтылықтың ұзақтылық коэффициенті; $\xi = 0,7$;

$$[R_{CBF}] = 10 \cdot f \cdot K_C \cdot \xi, \text{ МПа}; \quad (6.21)$$

$$[R_{CBF}] = 10 \cdot 1,4 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 6,86 \text{ МПа};$$

$$[R_P] = 0,1 \cdot [\sigma_{CBF}] = 0,1 \cdot 6,86 = 0,686 \text{ МПа}.$$

$P > [R_P]$ болғандықтан, тау қазбасы бүйірлеріндегі жыныс орнықты емес, бұзушы және $\frac{90 + \varphi^K}{2}$ бұрышы бойынша

жылжуы мүмкін (6.3-сурет);

мұндағы φ^K – ішкі үйкелестің қатысты бұрышы.

$$\varphi^K = \arctg(f \cdot K_C \cdot \xi), \text{ градус}; \quad (6.22)$$

$$\varphi^K = \arctg(1,4 \cdot 0,7 \cdot 0,7) = 34^0;$$

$$a = \frac{L}{2}, \text{ м};$$

мұндағы $L = B + 2 \cdot h_{PP} \cdot \tg(45^0 - \varphi^K/2)$, м;

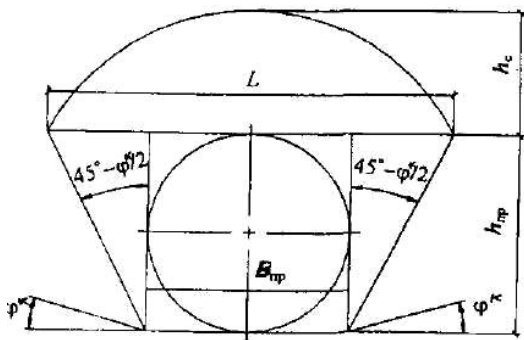
$$L = 9,9 + 2 \cdot 9,9 \cdot \tg(45^0 - 34^0/2) = 20,4 \text{ м}.$$

$$a = \frac{20,4}{2} = 10,2 \text{ м}.$$

Қысым күмбезінің биіктігі:

$$h_c = \frac{a}{f \cdot K_C \cdot \xi}, \text{ м}. \quad (6.23)$$

$$h_c = \frac{10,2}{1,4 \cdot 0,7 \cdot 0,7} = 14,8 \text{ м}.$$



6.3-сурет. Тұтастанып күмбездену кезіндегі жүктемені анықтаудың есептік схемасы

Көлбеу тау қазбасының бекітпесіне түсетін қысымды есептегенде, оның күмбездегі бұзылған жыныстар салмағынан болатын жүктемені ескеру керек. Тюбингтік бекітпенің 1 м^2 ең үлкен жүктеме күмбездің ортасында болады. Ондағы нормативтік тік және бүйір қысымдар, төмендегі формулалар бойынша анықталады:

$$q^H = K_p \cdot h_c \cdot \gamma \cdot \cos \alpha, \text{ МПа}; \quad (6.24)$$

мұндағы K_p – топырақты массивтің жұмыс жағдайы коэффициенті;

СНиП-44-78 бойынша қабылданады, $K_p = 1,5$ деп қабылдаймыз.

$$q^H = 1,5 \cdot 14,8 \cdot 16\,000 \cdot \cos 30^\circ = 307\,603 \text{ Н/м}^2 = 0,308 \text{ МПа};$$

$$P_\delta^H = \gamma \cdot (K_p \cdot h_c + 0,5 \cdot h_{тр}) \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi^H/2), \text{ МПа}; \quad (6.25)$$

$$P_\delta^H = 16\,000 \cdot (1,5 \cdot 14,8 + 0,5 \cdot 9,9) \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 34^\circ/2) = 434\,400 \cdot 0,283 = 122\,935 \text{ Н/м}^2 = 0,123 \text{ МПа}.$$

Есепті жүктемелер – нормативтік жүктемені, жүктеме коэффициенттеріне көбейту арқылы табылады:

$$\text{Тік бағытта} - q_p = q^H \cdot K_n, \text{ МПа.} \quad (6.26)$$

$$q_p = 0,308 \cdot 1,4 = 0,431 \text{ МПа.}$$

$$\text{Бүйір бағытта} - P_p = P_\delta^H \cdot K_n, \text{ МПа;} \quad (6.27)$$

мұндағы K_n – артық жүктеме коэффициенті, $K_n = 1,4$;

$$P_p = 0,123 \cdot 1,4 = 0,172 \text{ МПа.}$$

Тюбингтік бекітпені есептеу үшін ең үлкен тау және гидростатикалық қысымдардың қосындысын, былай деп қабылдаймыз:

$$P = q_p + P_r, \text{ МПа;} \quad (6.28)$$

$$P = 0,431 + 0,101 = 0,532 \text{ МПа.}$$

Жыныстар орнықты емес және ашылғаннан кейін, тез арада бекітуді қажет етеді. Бұл жағдайда бекітпе – шойын тюбингтерден тұрғызылады. Тюбингтердің сыртында бос жерлерге цементті-құмды қоспа айдалып тығындалады. С42-140 маркалы тюбингті қабылдаймыз. Сақинадағы тюбингтер саны – 15 дана және біреуі сыналаушы. Таңдап алынған тюбингті, компьютерлік бағдарлама бойынша тексереміз.

Есепті келесі бағдарлама бойынша жүргіземіз [5].

Тау қазбасында тюбингтер өз салмағы мен ұңғылау жабдықтарының салмағынан болатын жүктемелерді қабылдайды. Егер ұңғылау жабдықтары ол салмақты тюбингке берсе, соңғысын есептемеуге болады. Онда орта бұрышы $2L$ болатын науалық тюбинг доғасының иіртуші моменттері (M'_θ) мен нормалдық (тік) күштерді (N'_θ) анықтауға келесі формулаларды қолдануға болады:

$$0 < \theta < \pi - \alpha - \text{ үшін}$$

$$M'_{\theta\theta} = \frac{\zeta \cdot R}{(2\pi \cdot \sin \alpha)[\alpha - \theta \sin \theta \sin \alpha - \cos \theta \cdot (1,5 \sin \alpha - \alpha \cos \alpha)]};$$

$$N'_\theta = \frac{\zeta}{2\pi \cdot \sin \alpha[\theta \sin \theta \sin \alpha + \cos \theta \cdot (0,5 \sin \alpha - \alpha \cos \alpha)]};$$

$\theta = \pi$ болғанда,

$$N'_\theta = \frac{\zeta}{2\pi \cdot \sin \alpha [\pi - 0,5 \sin \alpha - (\pi - \alpha)(1 - \cos \alpha)]};$$

$$M'_\theta = \frac{\zeta \cdot R}{2\pi \cdot \sin \alpha [1,5 \sin \alpha - (\pi - \alpha)(1 - \cos \alpha)]};$$

мұндағы ζ – қаптама сақинасының (ені 1 м) салмағы, кН;

R – қаптаманың осьтік сызығы бойынша радиусы, м;

θ – қарастырылып отырған қимадағы координаттың бұрышы (тік осьтен бастпа есептеледі), градус;

N'_θ және M'_θ – ені 1 м қаптама сақинасына есептелген ішкі күштер (КН·м және КН).

Пайдалану кезеңінде конструкциялар, қосымша активтік тік және жазық жүктемелерді қабылдайды.

Есептік схема $\theta = \pi$ қимасында жасанды бекітілген тұрақты келтірілген қатаңдықтағы серпімді сақинаны көрсетеді.

Координаты θ тең қималардағы M''_θ және N''_θ ішкі күштері тең болады:

$0 < \zeta < \pi$ үшін

$$N''_\theta = \frac{R}{P \cdot \sin^2 \theta + P_T \cdot \cos^2 \theta}; \quad (6.30)$$

$$M''_\theta = \frac{R^2}{\frac{P}{0,25} - 0,5 \sin^2 \theta + P_T \cdot (0,25 - 0,5 \cos^2 \theta)};$$

Бұдан кейін эксплуатация және монтаждау кездеріндегі ішкі күштер қосылады:

$$M_\theta = M'_\theta + M''_\theta. \quad (6.31)$$

$$N_\theta = N'_\theta + N''_\theta.$$

Қабылданаған тубингтік конструкция қималарының мықтылығы, қолданыстағы жобалау нормаларына сәйкес

тексеріледі. Бұл үшін қабылданған тюбингтің (кесектің) есептік сипаттамалары қабылданады: сығылу (R_C) және иілгендегі созылуға (R_H) есептік кедергілері, қабырғаның қалыңдығы (δ), жұмыстың көлденең қимасының ауданы (F), нейтралдық оське қатысты жұмыс қимасының инерция моменті (I_{HT}), нейтралдық осьтен, ішкі беттеріне дейінгі қашықтық (η_1), сыртқы беттеріне дейінгі (η_2), тюбингтік сақинаның ені (b).

Ішкі контур үшін кедергі моменті мынаған тең:

$$W_b = \frac{I_{HT}}{\eta_1} ; \quad (6.32)$$

ал сыртқы контур үшін – $W = \frac{I_{HT}}{\eta_2}$.

Қауіпті қимадағы кернеулер:

$$R_1 = \frac{M_\theta}{W_b} + \frac{N_\theta}{F} \leq R_H . \quad (6.33)$$

$$R_2 = \frac{M_\theta}{W_H} + \frac{N_\theta}{F} \leq R_C . \quad (6.34)$$

Бұл жағдайда конструкция орнықты деп саналып, оның екі қимасында орнықтылық шарттары орындалса, онда конструкция дұрыс қабылданған деп саналады. Сығылатын күшке ол кіші болуы тиіс R_C , ол созылым кезінде $-R_H$. Бұл жағдайда тюбингтік конструкцияның беріктігі қамтамасыз етіледі.

Төртінші негізгі есептік схема бойынша тік оқпандардың тюбингтік конструкцияларын есептеу үшін Мәскеу Кен институтында И.В. Баклашов құрастырған есептеу әдістемесін қолдануға болады. Бұл жағдайда жүктеме эксперименттік деректерді немесе жұмыс гипотезалары негізінде, радиалды бағытталған деп қабылданады:

$$P = P_0 + P_2 \cdot \cos \alpha \cdot \theta ; \quad (6.35)$$

$$P_0 = (P_r + P_g) \cdot (1 + 0,5 \cdot \omega) ;$$

$$P_2 = (P_r + P_g) \cdot 0,5 \cdot \omega ;$$

P_r – қарастырып отырған тереңдіктегі жерасты суларынан немесе қарыстарынан болатын гидростатикалық жүктеме, МПа;

P_g – бекітпенің периметрімен тау қысымынан болатын жүктеменің орташа мөлшері, МПа;

ω – осы жүктеменің сәйкессіздік коэффициенті.

Конструкциядағы тангенциалдық нормалдық созушы кернеулерді σ_θ (МПа) – оң деп қабылдап, мына теңдеулерді жазуға болады:

Ішкі контур үшін:

$$\sigma_\theta = -2P_0 \cdot \frac{K_1^2}{K_1^2 - 1} + 4 \cdot P_2 \cdot K_1^2 \cdot \frac{K_1^2 + 1}{(K_1^2 - 1)^2} \cdot \cos 20^\circ. \quad (6.36)$$

Сыртқы контур үшін:

$$\sigma_\theta = -P_0 \cdot \frac{K_1^2 + 2}{K_1^2 - 1} - P_2 \cdot \left[1 + 8 \cdot \frac{K_1^2}{(K_1^2 - 1)^2} \right] \cdot \cos 20^\circ; \quad (6.37)$$

мұндағы $K_1 = \frac{R_1}{R_0}$;

R_0 – ішкі контурдың есептік радиусы, м;

R_1 – сыртқы контурдың есептік радиусы, м.

(6.36) және (6.37) формулалары бойынша есептелген кернеулерді қолданыстағы СНиП-тердің шарттарымен қабылданған қималарды тексеруге болады. Осы қорытындыларды пайдаланып, эскалаторлық тоннельдің шойын тубинг бекітпесін қарастырамыз. Бастапқы деректер: эскалаторлық тоннельдің сәулелі диаметрі $2R_{CB} = 9,9$ м; қабылдайтын гидростатикалық және тау қысымдардың қосындысы $(P_\omega + P_D) = 0,53$ МПа; тау қысымының сәйкессіздік коэффициенті $\omega = 0,04$.

Тюбингтер СЧ-21-40 шойыннан жасалған, оның ішіндегі сығылуға есептік кедергісі $R_C = 180$ МПа, ал созылғандағысы $R_{II} = 60$ МПа.

Қабылданған нормалдық I-сериялы тюбингтердің геометриялық сипаттамалары: қабырғасының қалыңдығы $\delta = 0,03$ м; тюбингтік сақинаның ені $h = 1$ м; жұмыстың көлденең қимасының ауданы $F_{HT} = 568 \cdot 10^{-4}$ м²; нейтралдық оське қатысты жұмыс қимасының инерциялық моменті $I_H = 392,0 \cdot 10^{-6}$; нейтралдық осьтердің ішкі бетіне дейінгі қашықтық $\eta_1 = 0,193$, сыртқы беттеріне дейінгі қашықтық $\eta_2 = 0,077$.

Есептеулердің мықтылық еселеуішіне – тюбингтік бекітпенің сыртына толтырылған тампонаждық бетонның жұмыс қабілеттігілін ескермейміз.

Алдында (6.35) формулаларымен берілген қысымның параметрін есептейміз:

$$P_0 = 0,54 \text{ МПа}; \quad P_2 = 0,01 \text{ МПа}.$$

Конструкцияның есептік геометриялық сипаттамаларын анықтаймыз:

$$R_0 = R_{CB} + \eta_1 - \frac{F_{HT}}{2h}, \text{ м}. \quad (6.38)$$

$$R_0 = 4,95 + 0,193 - \frac{568,8 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 1} = 5,11 \text{ м}.$$

$$R_1 = R_0 + \frac{F_{HT}}{h} = 5,02 + \frac{568,8 \cdot 10^{-4}}{1} = 5,185 \text{ м}.$$

$$K_1 = \frac{R_1}{R_0}, \text{ м}. \quad K_1 = \frac{5,185}{5,11} = 1,015.$$

Осыдан кейін, (6.36) формуласы бойынша бекітпенің ішкі контурының $\theta = 0, \theta = \pi/2$ координаттарындағы кернеулерді анықтаймыз:

$$\sigma_{\theta=0} = 56,8 \text{ МПа} < R_H = 60 \text{ МПа};$$
$$\left| \sigma_{\theta} = \frac{\pi}{2} \right| = 130,0 \text{ МПа} < R_C = 180 \text{ МПа}.$$

(6.37) формула бойынша сыртқы контурдағы кернеулерді ($\theta = 0, \pi/2$ үшін) анықтап, мықтылық шарттарын тексереміз:

$$\left| \sigma_{\theta=0} \right| = 128,1 \text{ МПа} < R_C = 180 \text{ МПа};$$
$$\sigma_{\theta=\frac{\pi}{2}} = 55,2 \text{ МПа} < R_H = 60 \text{ МПа}.$$

Сонымен, есептеулер көрсеткендей, қабылданған қималар тубингтік конструкцияның мықтылығын қамтамасыз етеді.

6.5. Эскалаторлық тоннельді жүргізудің технологиялық схемасы және жұмысты ұйымдастыру

Алматы метрополитені құрылысының тәжірибесі бойынша тоннель мен оның кенжарындағы жұмыстарды ұйымдастыру, технологиялық жабдықтармен қамтамасыз ету, мына талаптарды қанағаттандыру тиіс:

- 1) еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету.
- 2) бекітпенің сырт жағында қуыстардың қоюын болғызбау.
- 3) еңбектің тиімді, әрі жоғары өнімділігін қамтамасыз ету.

Кенжардағы жұмыстар озық бекітпенің қорғауында жүргізіледі. Озық бекітпе қысқа тақтайлардан жиналған қабықша тәрізді қалқанша болып келеді, ол және қазба периметрінің жартысын қамтиды. Оны құрастырып орнату кенжар бетінде тереңдігі 1,3–1,5 м жіңішке (0,4–0,5 м) тік кертпештер қазудан басталады. Кертпештердің өзара ара қашықтығы 1,2–1,5. Кертпештердің шеттерінде тіреулер тұрғызылады. Бір шетімен тіреулерге, ал екінші басымен бекітпе сақинасының қырына төртбұрыш бөренелер – лагтар

жатады. Осыдан кейін жарықшақтар арасындағы жыныстар қабат-қабатымен қазылып алынады.

Лагтардың ашылуына қарай, оларға қысқа тақтайлар – тартпалар салынады. Жарықшақтар мен олардың арасындағы жыныстарды қазып алу, уатқыш балғалар арқылы қолмен жүргізіледі. Жұмыс манипуляторларға орнатылған екі бесікшелерден (люлкалардан) жүргізіледі. Манипуляторлар, тубингтік бекітпелердің колонналарына қарама-қарсы жақтарынан бекітіледі.

Озық бекітпені орнату үшін қауып алынатын жыныстардың көлемі:

$$V_{OK} = \frac{\pi \cdot D_{\epsilon}}{2} \cdot h_{OK} \cdot 0,75, \text{ м}^3; \quad (6.39)$$

мұндағы $h_{OK} = 1,5$ м; $D_{\epsilon} = 9,9$ м.

$$V_{OK} = \frac{3,14 \cdot 9,9}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,75 = 17,5 \text{ м}^3.$$

Егер жыныстар бірқалыпты орнықты болса, онда озық бекітпенің тақтайлары қазбаның осі бойынша бір басымен қаптаманың шетіне, ал басқа жағымен – кенжардағы жыныс кертпешіне жатады. Уақытша бекітпе орнатылатын жердегі жыныстарды қазып алуды, алдын ала жасалған жарықшақтарды кезек-кезегімен кеңейту арқылы жүргізеді. Кеңейтілген сайын озық бекітпенің тақтайлары кіргізіледі.

Сонымен, озық бекітпені жоғары көтеріп орнату жұмыстары алдын ала орнатылған тақтай бекітпелердің астында жүргізіледі. Жынысқа бекітіліп қойылатын тақтайдың басы, тубинг сакинасына қойылғаннан жоғары орналастырылады. Тубингтің кезекті сакинасын орнататын жердегі жынысты қазып, ашар алдында бұрын қойылған тақтайлардың жатқан жерлері және жаңа орнатылған тубингтердің арасына сыналар казумен бекітіледі.

Тубинг сыртындағы кеңістікке цилиндр-құм қоспасы және бақылаушы тығындауға керекті цемент ерітіндісі құйылу арқылы жеткізіледі. Цемент ерітіндісін жасайтын торапқа

мыналар кіреді: цемент сақтайтын мұнара, ерітінді бұлғауыш, пневмобетонсалғыш және жоғары қысымды ерітінді сорабы.

Шойын тيوبинг қаптамаларды құрастыруды У-5 төменгі төсенішінен бастап, сағат тілінің бағытымен солдан оңға қарай жүргізеді. Ол тيوبинг сақинасының оң жағында құлыптық тيوبингте тұйықталады. СК-3с құлыптық тيوبингнен У-5 төсеніші, қолмен басқару арқылы қойылады.

Сақинаның жоғарғы элементтерін құрау кезінде жұмысшының қауіпсіздігі, қазба бүйіріндегі жылжымалы маңдайшалары бар жылжымалы платформалармен қамтамасыз етіледі. Платформада қоршау шарбағы болуы тиіс.

Тيوبинг сақинасының барлық периметрі бойынша цементтік ерітіндіні қаптама сыртына айдамалау алдында қашықтығы 40 мм тақтайлардан қалыптама орнатылады. Олар тيوبингтерге металл төсеніштермен бекітіледі: СК-2с және СК-3с құлыптық тيوبингтерге болттармен жаймабет металдан қалыптар бекітіледі.

Көлбеу тоннельді қазудың жұмыс үрдістеріне мыналар жатады: уатқыш балғалармен жынысты копарып қазу, құрастырмалы қаптаманы тұрғызу және бетон ерітіндісін қаптаманың сыртына алғашқы айдамалау. Жынысты қазу, жылжымалы алаңшалардан I-ден IV-қабатқа дейін кезекті түсіру терезешелерінен уатқыш балғаларымен жүргізіледі. Төменгі қабаттарда жұмыстар жүргізілген кезде, жоғарғы қабаттың алаңшалары кенжарға дейін жылжып жетуі тиіс.

Жынысты тиеп-көтеру сыйымдылығы $V=2,5 \text{ м}^3$ скиппен арнайы механизмдермен (экскаватормен) жүргізіледі. Кенжардағы жынысты бір енбе көлемінде қазып болғаннан кейін, тоннель астауындағы қалған жынысты тазарту, құбырлық төсегіш платформаны жылжыту арқылы орындалады. Осының алдында, электрлік тельфердің көмегімен құбырлық төсеніштерге кронштейндерді қайта орнатады.

Тيوبингтерді скиптік платформаға тиеу, жүк көтергіштігі 3,5 т болатын электрлік тельфермен жүргізіледі. Тيوبинг алаңшаға қойылып, кронштейндердің көмегімен скип

платформасына бекітіледі де, ЛПЭП-10 шығырымен кенжарға жеткізіледі.

Төмендегі астаудан бастап тубинг сақинасын жинап құрастыру, екі жақтан кезекпен жүргізіледі. Әрбір элементті оңтайлы қою, маркшейдердің қатысуымен жобаның шартты талаптары бойынша жасалады. Астаулық тубингтен бастап құрамы 1:3 құм-цементтен тұратын ерітінді 5 атм қысыммен қаптама сыртына айдалып тығындалады. Ал содан кейін тоннельдің оң және сол жағындағы тубингтердің сыртына кезекпен жүргізіледі.

6.6. Метрополитен вестибюльдері құрылысының технологиясы

6.6.1. Вестибюльдер туралы жалпы мағлұмат

Метрополитеннің станциялық ғимараттары кешеніне – станциялық және эскалаторлық тоннельдермен қатар, жерастылық және жерүстілік вестибюльдер жатады.

Жерүстілік вестибюльдер. Метрополитеннің жерастылық станциялық ғимараттарына кіру, жер үсті вестибюльдері арқылы болады; олар әдетте, станцияның екі шеттеріне орналасады.

Жерүстілік вестибюльдердің саны, орналасатын жерін және мөлшерін таңдаған кезде ең алдымен жолаушы айналымының көлемін есептейді; вестибюльге іргелес қарқында қозғалысы бар көшелерді жолаушылардың ең аз кесіп өтуіне тырысу керек; оны қала аудандарының қазіргі және келешектегі құрылыс жоспарларымен байланыстырады.

Вестибюльдердің ішкі жоспары – жолаушылар жүрісінің нақты бөлун (көбінесе оңжақтылық) қамтамасыз етіп, жолаушы лектерінің қарсы қиылысуын болғызбауы керек. Вестибюльдерден кіру мен шығу бір-бірінен бөлек орнатылады. Кіретін және шығатын есіктерді көбінесе біржармалы етіп орнатады, оның ені 0,85, ал биіктігі 2,2 м. Есіктердің саны, эскалаторлардың барлық таспаларының есептік өткізу қабілеттілігіне сай болуы тиіс.

Вестибюльдің кірісі мен шығысы әлбетте, көше тротуары деңгейінде орналасады. Кейбір жағдайларда (су тасқыны немесе жер рельефінің үлкен еңісінде), вестибюльдің едені тротуар деңгейінен біршама жоғары орналасуы мүмкін. Кіретін және шығатын тротуарларда импостармен бөлінген екі қатар есіктерді қарастыру керек. Есік қатарларының ара қашықтығы 2,5 м деп жобаланады. Есіктер екі бағытта да ашылып, оның тиектері, амортизаторлары болуы тиіс. Сонымен қатар, ашық жағдайда ұстап тұратын ыңғайлы құрамы бар. Вестибюльдердің жер үстіндегі бөлігі жайларының ішкі биіктігі – 4 м-ден кем болмауы тиіс.

Метрополитеннің жерүстілік вестибюльдерін жеке тұрған павильондар түрінде немесе үйлердің, ғимараттардың бірінші кабаттарында орналастырады. Вестибюльдерді тұрғын үйлерде және қоғамдық ғимараттарда орналастырғанда, эскалаторлардан болатын вибрация мен гуілден қорғайтын шаралар қарастырылуы керек.

Кейбір жағдайларда жерүстілік вестибюльдерді жерастылық вестибюльдердің үстіне орнатады да, тікелей баспалдақтар жүйесімен осы жерастылық вестибюльдермен қосады.

Вестибюльдің эскалаторлық залы, ауданы мен көлеміне қарай негізгі ғимаратқа жатады. Оның қабырғалары көп жағдайларда, эскалатордың машиналық бөлімшесінің қабырғаларына сүйенеді, ол вестибюльдің жертөлесінде орналастырылады.

Жер үсті вестибюльдерді эксплуатациялау ерекшеліктерін және эскалаторлардың көтерме механизмдері жұмысының керекті сенімділігін есептей келе, бұл ғимараттарды тұрғызуда олардың іргетасының ең аз және біркелкі отыруын қамтамасыз ету керек. Осы мақсатта вестибюль мен машиналық залдың іргетас тақтасын тығыз табиғи немесе жасанды табанында қатты, тұтас темірбетон конструкциясы түрінде тұрғызу ұсынылады.

Вестибюль табанында үгілгіш, әлсіз жыныстар болған кезде іргетастық бағандар немесе қадалар қолданылады. Олар

онда тығыз, қатты жыныстарға дейін түсіріледі. Вестибюль немесе машиналық залдың іргетастық тақтасынан 6–8 м тереңдікте шпунттық қабырғаны қазу, вестибюльдің аздап отыруын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, жұмыстарды тиімді, әрі жайлы жүргізуге болады. Жақын тұрған ғимараттардың отыру қауіпін болғызбау үшін, екі қатар негізгі және көмекші шпунттарды қағу көзделеді. Машиналық залмен және оған түйіскен эскалаторлық тоннельдің сенімді гидрооқшаулары болуы тиіс. Эскалаторлық залдың едені болып саналатын машиналық залдың төбесі, эскалаторды жинау және жөндеу кезінде болатын жүктемелерге есептелуі керек.

Жерастылық вестибюльдер. Жерастылық вестибюльдер – көп жағдайларда, жер бетінен аздаған тереңдікте болады. Әлбетте, олар тура көше астында орналастырылып, станциялардың платформалық залдарымен эскалаторлар немесе баспалдақтар арқылы қосылады. Бұл жағдайда жерастылық вестибюльдің кіре берісі, тротуарлардың кеңейтілген жерлеріне орналасқан баспалдақтармен жарақтандырылады. Егер жерастылық вестибюльдің үстінде жерүстілік вестибюль орналасса, онда олар жердің бетіне түсіп–шығуды ұйымдастыруға қолданылады. Ал керекті қызметтік бөлмелер, кассалық және эскалаторалдылық залдар, жерастылық вестибюльдерде орналастырылады.

Жерастылық вестибюльдердің конструкциясы әдетте, бетон немесе темірбетон қабырғалардан тұрғызылады. Олар ғимараттардың, жайпақ төбе жабындысының және вестибюль науасының периметрі бойынша орналастырылады.

Көлікпен адамдарды тасымалдау мәселелерін кешенді түрде шешкен кезде, метрополитеннің жерастылық вестибюльдерінің кіре берісі жерастылық дәліздермен қосылады. Бұл жағдайда, жерастылық вестибюльдерде касса залын орналастырады. Ол кезде кешендер мен алаңдарда үлкен жерүстілік вестибюльдер тұрғызу қажеттілігі туындамайды.

Метрополитен станциялары теміржол вокзалдарының маңында болғанда, жерастылық вестибюльдердің мағынасы өзгеше болады. Бұл жағдайда, жерастылық вестибюльге

түйіскен дәліздердің – теміржол станциялары перондарымен қосылуы, жолаушылардың бір көлік түрінен, басқа көлікке отыруына өте қолайлы.

Жерастылық вестибюльдердің жобалық шешімдері мен конструкциясына метрополитен станциясы мен тік тасымалдау түрлері біршама әсер етеді. Тайыз салынған станцияларда, олардың жолаушы платформалары вестибюльмен баспалдақтар арқылы қосылғанда, жерастылық вестибюльдің конструкциясы ең қарапайым болып келеді. Бұл жағдайда вестибюльдің құрлысы қиындамай, станцияны салғандағыдай ашық әдіспен жүргізіледі.

Осындай вестибюльдерді жобалаудың ең басты мәселесі – касса залы мен оның вестибюльге және станция платформасына түйісетін шыға берісінің жобалық шешімдерін таңдау. Станцияның осы түйінін дұрыс шешу үшін жолаушы лектері қатаң түрде бөлінуі керек. Вестибюльмен станцияның барлық элементтерінің өткізушілік қабілеттері бірдей және келешектегі жолаушы лектеріне сай болуы қажет.

Кассалар мен автоматтық бақылау пункттерінің алдында 2–3 м-ден бос кеңістік болуы ықтимал және касса залдарының жалпы ауданы 150 м² аз болуы тиіс. Терең салынған станциялардың жерастылық вестибюльдерінің жағдайлары күрделі.

Бұл кезде жерастылық вестибюльдерді бір жағынан, жерүстілік вестибюльмен немесе келетін дәліздермен, ал басқа жағынан – эскалаторлар арқылы станцияның платформасымен қосады. Вестибюльдің едені астында таза сәулелі биіктігі 3 м машиналық зал салынады. Монтаждық жұмыстарға ыңғайлы болуы үшін, вестибюльдің эскалатормен түйісуі маңайында оның төбесінің жабындысы ең соңғы кезекте салынады.

Күрделі инженерлік-геологиялық жағдайларда, жерастылық вестибюльдердің құрылыс жұмыстарының арнайы әдістері қолданылады. Әлсіз су басқан жыныстар болған кезде, жерасты суларының деңгейін жасанды төмендету әдісі қолданылады. Қазаншұңқырларды бекіту үшін металл

шпунттар, жыныстарды мұздатып қатыру, т.б. әдістер пайдаланылады.

6.6.2. Метро станциясы вестибюлінің қазаншұңқырын қазуды есептеу

Эскалаторлық тоннельді ұңғылап және жер бетіндегі ұңғымалық жабдықтарды қайта жинап болғаннан кейін, метро станциясы вестибюлінің қазаншұңқырын қазу жұмыстары жүргізіліп, оның орны қоршалады. Қаланың үйлері мен ғимараттары қазаншұңқыр кемері аймағының ішінде қалу мүмкүндігіне байланысты, топырақ жыныстарды қазар алдында, қазаншұңқыр жиектеріне ұрып қадалатын бекітпелер орнатылады.

Қадаларға түсетін қысым, жыныстың қабырғаларға жылжитын призмасының қысымы ретінде анықталады (6.4-сурет).

Ені 1 м болатын қазаншұңқыр қабырғасының бір бөлімшесіне түсетін қысым мынаған тең:

$$D = \frac{H^2 \gamma \cdot 1}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ \cdot \varphi}{2} \right), H; \quad (6.39)$$

мұндағы γ – жыныстың тығыздығы, $\gamma = 1,60 \text{ т/м}^3 = 1600 \text{ н/м}^3$;

φ – ішкі үйкеліс бұрышы, $\varphi = 30^\circ$;

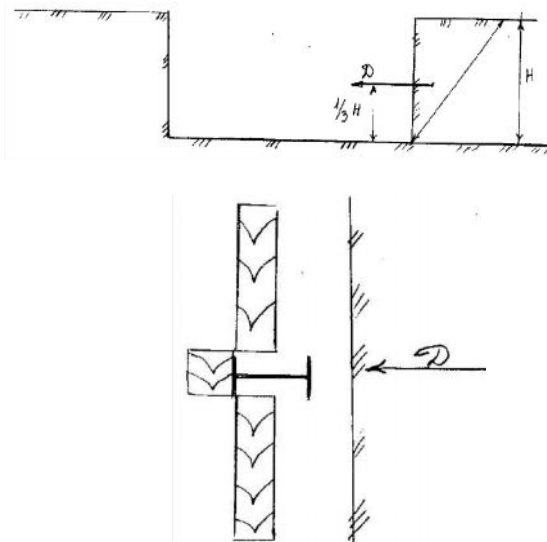
H – 10 м – қазаншұңқырдың тереңдігі.

$$D = \frac{(10)^2 \cdot 1600 \cdot 1}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ \cdot 30^\circ}{2} \right) = 26666,7 \text{ Н}.$$

Жүктемеден болатын иілтуші момент:

$$M_{изг} = D \cdot \frac{1}{3} \cdot H; \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (6.40)$$

$$M_{изг} = 26666,7 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 = 88888,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$



6.4-сурет. Қазаншұңқыр қабырғасындағы қазылған бекітпелерге түсетін қысымды есептеу схемасы

Қаданың шыдайтын иілтуші моменті:

$$q_{изг} = \delta_{изг} \cdot W, \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (6.41)$$

мұндағы $\delta_{изг}$ – қада материалының тиеуге шектік кернеуі,
 $\delta = 0,0005 \cdot 10^5, \text{ Па};$

Қазаншұңқырды бекітпелеуге екі таврлық №24 болат арқалықтар қабылданды;

W – қада кедергісінің моменті, $W = 0,0005 \text{ м}^3$.

Суреттерде көрсетілгендей, қадаларды орнатқандағы кедергі моменті:

$$q_{изг} = 15000 \cdot 10^5 \cdot 0,0005 = 750000 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Қазаншұңқыр периметрінің 1м орнатуға керекті қаданың саны:

$$N_c = \frac{M_{изг}}{q_{изг}}. \quad (6.42)$$

$$N_C = \frac{888889}{750000} = 1,185 \approx 1 \text{ дана.}$$

Қадалардың өзара ара қашықтығы:

$$l_C = \frac{1}{N_C}, \text{ м}; \quad (6.43)$$

$$l_C = \frac{1}{1,000} = 1,0 \text{ м.}$$

Қадалардың арасынан ағаш тақтайлардан жасалған тартпалар орнатылады.

Қазаншұңқырдың табаны тұсындағы қысым мынаған тең:

$$P_3 = H \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right), \text{ Па}; \quad (6.44)$$

$$P_3 = 10 \cdot 16000 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ - 30^\circ}{2} \right) = 53333,4 \text{ Па};$$

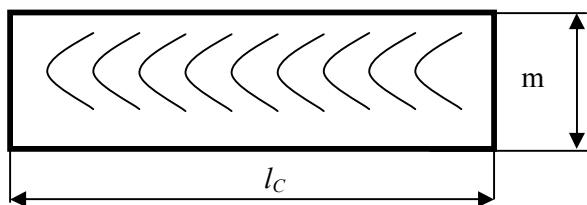
Бір тақтайдың қабылдайтын жүктемесі:

$$q_d = m \cdot l_C \cdot P;$$

мұндағы l_C – қадалардың өзара ара қашықтығы, $l_C = 1,00 \text{ м}$;

m – ені, $m = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$.

Бір тақтайдың қабылдайтын жүктемесін анықтайға керекті өлшемдері



Тақтайға осы жүктеме біркелкі таралған кездегі иілтуші момент:

$$M_{изг} = \frac{15}{16} \cdot m \cdot l_C \cdot P \cdot \frac{l_C}{2}, \quad H \cdot m.$$

Тақтайдың шыдайтын иілтуші моменті:

$$q_{изг}' = \delta_{изг}' \cdot W' = \delta_{изг}' \cdot \frac{m \cdot n^2}{6}, \quad H \cdot m; \quad (6.45)$$

мұндағы n – тақтайдың қалыңдығы;

$\delta_{изг}'$ – тақтай материалының иілуге шектік кедергісі, $Па$;

орташа есеппен: $\delta_{изг}' = 50 \cdot 10^5 \text{ Па}$;

Тақтай сынбады, егер мына шарт орындалса,

$$\delta_{изг}' \geq M_{изг}' \text{ немесе } \frac{\delta_{изг}' \cdot m \cdot n^2}{6} \geq \frac{5}{16} \cdot m \cdot l_C \cdot P \cdot \frac{l_C}{2}; \quad (6.46)$$

Бұл жағдайда қазаншұңқырдың төменгі табанында орнатуға керекті тақтайдың қалыңдығы:

$$n_C \geq \sqrt{\frac{15 \cdot l_C^2 \cdot P}{16 \cdot \delta_{изг}'}} = l_C \sqrt{\frac{P_3}{\delta_{изг}'}} \text{, м.} \quad (6.47)$$

$$n_C \geq 1,0 \cdot \sqrt{\frac{53333}{50 \cdot 10^5}} = 0,103 \approx 0,11 \text{ м.}$$

Қазаншұңқырдың орта тұсындағы тақтай тартпаның қалыңдығы:

$$n \geq l_C \sqrt{\frac{P_3}{2 \cdot \delta_{изг}'}} \text{, м.} \quad (6.48)$$

$$n \geq 1,0 \cdot \sqrt{\frac{53333}{2 \cdot 50 \cdot 10^5}} = 0,070 \text{ м.}$$

Қазаншұңқырдың барлық периметрі бойынша орнатуға керекті кадалардың саны:

$$N_C = \frac{2 \cdot B + 2 \cdot a}{l_C}, \quad \text{дана}; \quad (6.49)$$

мұндағы B – қазаншұңқырдың ұзындығы, $B=40$ м;

a – қазаншұңқырдың ені, $a=20$ м;

$$N_c = \frac{2 \cdot 40 + 2 \cdot 20}{1} = 120 \text{ дана.}$$

Қадаларды қазаншұңқырдың табанынан, оның тереңдігінің $\frac{1}{3} \cdot H_K$ тереңдетіліп қағылады, онда $H_K=10$ м болғанда бір қаданың ұзындығы:

$$Z_C = H_K + \frac{1}{3} \cdot H_K = 10 + \frac{1}{3} \cdot 10 = 13,3 \text{ м.}$$

Қазаншұңқырды толығынан қадалармен бекітпелеуге керекті екі таврдың жалпы ұзындығы:

$$Z_{PC} = N_c \cdot Z_C, \text{ м;}$$

$$Z_{PC} = 120 \cdot 13,3 = 1596 \text{ м немесе оның массасы}$$

$$\zeta_n = 1596 \times 28 = 44688 \text{ кг} \approx 45 \text{ т.}$$

Қазаншұңқырдағы топырақ жыныстар драгляйн типтес экскаватормен қазылады.

Қазаншұңқырдың табанын тазалап тегістеуге бульдозер қолданылады.

Экскаватордың жұмысын қамтамасыз ететін автосамосвалдар саны, жоғарыда келтірілген әдістемемен анықталады:

$$N_{ac} = \frac{q_{жс} (2 \cdot h + tp \cdot \omega) + V_K \cdot \omega + tm \cdot q_{жс} \cdot \omega}{V_c \cdot \omega + tm \cdot q_{жс} \cdot \omega} + 1; \quad (6.50)$$

$$N_{ac} = \frac{30(2 \cdot 20 + 0,1 \cdot 40) + 6 \cdot 40 + 0,1 \cdot 40 \cdot 30}{6 \cdot 40 + 40 \cdot 30 \cdot 0,1} + 1 = 4,6 + 1 = 5,6 \approx 6 \text{ машин.}$$

Қазаншұңқырдан топырақ жыныстарды қазып ауға керекті уақыт:

$$T_K = \frac{V_K}{q_a} + \frac{V_K}{V_C} \cdot t_m, \text{ сағат} \quad (6.51)$$

мұндағы V_K – қазаншұңқырдың көлемі, $V_K=40 \times 20 \times 10=8000$ м³;

q_a – экскаватордың өнімділігі, $q_a = 50 \text{ м}^3/\text{сағ}$;

V_C – самосвалдың сыйымдылығы, $V_C=8 \text{ м}^3$;

t_m – самосвалдың тиеу алаңындағы маневрлік уақыты, $t_m=0,2$;

$$T_K = \frac{8000}{30} + \frac{8000}{8} \cdot 0,2 = 467 \text{ нәә}$$

Қазу барысында қадалар ашылған сайын, тақтай тартпалар орнатылады. Жалпы бекітпелеу бетінің ауданы:

$$\begin{aligned} \delta_K &= (2 \cdot B + 2 \cdot a) \cdot H_K, \text{ м}^2. \\ \delta_K &= (2 \cdot 40 + 2 \cdot 20) \cdot 10 = 1200 \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (6.52)$$

Ағаш тартпа тақтайларының көлемі:

$$V_3 = \delta_K \cdot n_{cp}, \text{ м}^3. \quad (6.53)$$

$$\text{мұндағы } n_{cp} = \frac{n + n_c}{2} = \frac{0,11 + 0,07}{2} = 0,09 \text{ м}.$$

$$V_3 = 1200 \cdot 0,09 = 108 \text{ м}^3.$$

Қадаларды қағуға С-467М, ВМ-7У немесе С-836 сияқты вибробалғалары қолданылады.

7. МЕТРОПОЛИТЕН ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ НЕГІЗГІ ТЕХНИКА-ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ТАЛДАУ

Құрлыстың техника-экономикалық көрсеткіштері, оның техникалық жобаның арнайы бөлімі – сметалық құжаттарда есептеліп келтіріледі. Сметалардың құрамы, мазмұны, есептелуі, бекітілуі және келістірілуі қазіргі кездегі инструкциялар, құрлыстық нормалар мен ережелерді қолданып жасалады.

Смета – жаңа құрылыстар мен кәсіпорындарды қайтадан қалпына келтіруге керекті істелетін жұмыстардың атауларын, көлемдерін, кететін шығындарды ақшалай түрде көрсететін құжат болып саналады.

Құрылысты жобалау кезінде сметалық құжат мына кезекпен жасалады: жалпықұрлыстық сметалық есеп, жергілікті және нысандық сметалық есептер, іздеу-жобалау жұмыстарының сметалары, жиынтық сметалық есеп, жалпы шығындар есебі.

Құрлысқа жасалған жиынтық сметалық есептер негізінде, құрылыстық жұмыстарға кететін жалпы күрделі шығындардың сомасы, яғни шығындар есебі жасалады. Жиынтық сметалық есеп бойынша құрылыстың жалпы құнын анықтайды. Ол жеке нысандардың сметаларынан, ал олар – жеке жұмыстарға жасалған шығындардың сметаларынан тұрады.

Метрополитен құрлысының техника-экономикалық көрсеткіштерін талдауда Алматы метросының бірінші кезегіне жасалған жобалардағы негізгі нысандар: «Тұлпар-Алатау» станциялары арасындағы өтпелі тоннель мен «Жетісу» станциясының эскалаторлық тоннелі үшін жасалған жергілікті сметаларын қарастырып жүргіземіз [19, 20].

Бұл сметалар 7.1 және 7.2-кестелерде келтірілген. Жергілікті сметаларда үстеме шығындарды 27,1% және жоспарлық қорлануды 8% коэффициенттері арқылы есептеліп қабылданған.

Осы жобалардағы қарастырылып отырған тоннельдер құрылысының техника-экономикалық көрсеткіштерін талдау үшін, сметаларда келтірілген шығындарды әр бағыттағы шығындарға таратып, тоннельдің 1 м сметалық бағасын анықтаймыз.

Жоба бойынша өтпелі тоннельдің ұзындығын $l_{от}=1000$ м, эскалаторлық тоннельдің ұзындығын $l_{эт}=83$ м деп қабылдаймыз. Эскалаторлық тоннельдің еңкею бұрышы $\alpha=30^\circ$ болғанда, оның тік салыну тереңдігі – $H_{эт}=l_{эт} \cdot \sin\alpha=83 \cdot \sin 30^\circ=41,5$ м.

7.1-кесте
Алматы метрополитенінің бірінші кезегі. Тұлпар – Алатау станциялары аралығының оң жақтағы өтпелі тоннелі. Өтпелі тоннельді жүргізудің жергілікті сметасы (1991 ж. бағалар бойынша)

№	Жұмыстар мен шығын атаулар, өлшем бірлігі	Қолөмі	Бірік құны, тг.		Жалпы құны, тг.	Еңбек шығыны, адам/сағ	
			Барлығы	машин. пайд.-у. соның ішінде (с.і) жұмысқа		машин. пайд.-у. с.і.	жұмысқа
			4	5	6	7	8
1	2	3				9	10
1	3-топтағы топырақты озық шпильясы, диаметрі 4,0 м – 6 м дейінгі жай қалқанмен тоннелдерді өту, 100 м ³	138,86	1039,33	128,32	144321	60065	17819
2	4-топтағы топырақты озық шпильясы, диаметрі 4,0 м – 6 м дейінгі жай қалқанмен тоннелдерді өту, 100 м ³	59,51	432,56	0,58	50037	24047	81
3	3-топтағы топырақты уақытша көп бағасымен қайта қазу, 100 м ³	46,3	404,09	0,57	46781	19086	34
			1010,39	128,11			5931
			412,22	2,92			135
4	Жерасты қабасында топырақты қабылдау және тиеп өту (K=1,1 ескере отырып) 100 м ³	290,95	85,83	52,59	24972	7891	15301
			27,12	1,32			384
5	4-топтағы топырақты уақытша көп бағасымен қайта қазу, 100 м ³	19,83	1012,51	121,31	20078	8605	2406
			433,92	2,92			58
6	Топырақты 10 км-ға дейін автотомобильмен – самосвалмен тасымалдау, т.км	51578	1,05	-	54157	13926	-
7	Үйіндіде 2-3 топтағы топырақтармен жұмыс істеу 1000 м ³	19,84	31,83	26,81	631	91	532
			4,57	10,78			214
8	ШН-1С қалқанын пайдалану бағасы, м/сағ	12696	31,85	31,85	404368	-	404368
			-	4,75			60306
9	Кесек қалағышты пайдалану бағасы, м/сағ	12696	7,92	7,92	100552	-	100552
			-	1,36			17267
10	Технологияны пайдалану бағасы, м/сағ	12696	1,57	5,07	19933	-	64369
			-	4,75			60306
							4,52
							5386

7.1-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Сфералық шайбалы бұранданы пайдаланып, диаметрі 6 м-ге дейінгі тоннельдегі шойын тубингтерден тұратын құрастырмалы қапталарды механикалық жинағышпен салу	1034	8,17 6,05	0,25 0,04	8448	6236	258 41	3,21 0,03	3319 31
12	Диаметрі 5,5 шойын тубингтердің бағасы, тг	1034	642	-	664242	-	-	-	-
13	Болат құрамдарының бағасы, құрамы	15228	3,54	-	53907	-	-	-	-
14	Тағындардың бағасы, 1000 дана	1,88	579,7	-	1090	-	-	-	-
15	Сфералық шайбалары бар бұрандалармен жиналған диаметрі 6 м-ге дейінгі тоннельдерге шойын тубингтерден тұратын құрастырмалы қапталардың жіктері кеңейтіп, ісінетін цементтермен нақаштау, 100 м	56,4	250,43 172,21	22,93 0,45	14124	9713	1293 114	97,8 1,63	551,6 92
16	Сфералық шайбалары бар бұрандалармен жиналған диаметрі 6 м-ге дейінгі тоннельдердегі бетон және темірбетон тубингтерден тұратын құрастырмалы қапталардың жіктері кеңейтіп, ісінетін цементтермен нақаштау, 100 м	261	250,37 177,64	19,21 0,45	55347	46364	5014 117	101 0,36	26236 94
17	Диаметрі 4,5-6 м дейінгі тоннельдері қалың қапталармен салған кездегі, кенжардағы су көлемі 5 м³/сағ болғандағы тоннельдердің құрастырмалы қаптамасының сыртына ертіңнің айдалауы	54,91	1010,84 161,36	53,58 0,34	55505	8860	2942 19	97,1 0,28	5332 15
18	Диаметрі 4,5-6 м дейінгі тоннельдері қалың қапталармен салған кездегі, кенжардағы су көлемі 5 м³/сағ болғанда, тоннельдердің құрастырмалы қаптамасының сыртына ертіңнің айдалауы (4 – 11- топтарда), 100 м²	128,12	1227,06 196,62	65,7 0,72	157211	25191	8417 34	119 0,34	13246 44

7.1-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	Диаметрі 4,5 м артық тоннельдерде қатпарлағын сырттан бақылаушы айналыау, 100 м ²	183,03	303,44 56,68	14,88 - 0,03	5559	10374	27283 5	35,7 - 0,03	6534 5
20	Диаметрі 4 – 6 м дейінгі тоннельдердегі кесектерден құралған төлебеетон құрастырмалық қатпарла-рын зиян анықтау, жинағышпен құрыау, 100 м ³	32,19	1088,25 569,52	19,58 7,2	35031	18333	630 23	3,26 - 5,83	10494 188
21	Төлебеетон кесектерінің бағасы, м ³	3251,19	129,16	-	419924	-	-	-	-
22	А-3 өсетік арнауыауы, 100 кг	748,37	43	-	32180	-	-	-	-
23	А-1 өсетік арнауыауы, 100 кг	1160,38	41	-	47584	-	-	-	-
24	Салма заттары көмартетілік болатты пайдалау, 100 кг	224,11	61	-	13671	-	-	-	-
25	Қатпарлаулар мен шет елерді (шпекталарды) орнату, т	28,36	1282	55,51	36365	17230	1574	359	10182
26	Шет елердің (шпекта) бағасы, т	6,09	393,8	-	2398	-	-	-	-
27	Диаметрі 25 мм қатпарлаулардың бағасы, дана	6960	0,57	-	3967	-	-	-	-
28	Доформациялық жікті мыстықпен жасау, 100 м	4,5	147,45 28,03	48,19 23,09	664	126	217 104	17,5 11,7	79 53
29	Жіктерді тақта айағымен тығандалу, м ²	3,9	259,15 33,43	2,15 0,65	1011	130	8 3	22,5 0,58	88 2
30	Диаметрі 12 мм, ұзындығы 90 мм тесіктерді бұрыау, 100 дана	17,16	163,49 60,59	11,89 2,85	2805	1040	204 49	33,7 6,08	578 104
31	Болат орнату, т	0,91	945,9 53,03	4,79 1,63	861	48	4 1	31,1 1,26	30 1
32	Металл тақта айағыларды орнату, т	2,92	90,55 70,3	9 1,04	264	206	26 3	46,6 0,53	136 2
33	Тақта айағылардың бағасы, т	2,92	601,44	-	17,54	-	-	-	-
34	Накыштаудан қалған қатпарла-рыны, т	60,8	0,62 0,62	-	38	38	-	0,77	47
35	Қоқыстарды тасымалдау, т	60,8	1,05 0,27	-	64	16	-	0,3	18

7.1 -кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36	Диаметрі 6 м дейінгі шойын тубингітермен қапталған тоннелдердегі жолдардың астын бетонмен толтыру, 100 м ³	1,65	5505,76 753,94	18,49 4,37	9107	1247	31 7	475 1,36	786 2
37	Қатпармадағы тесіктерді ертіңдімен нашарлау, м ³	67,4	235,06 108,3	2,54 0,85	14 98	5415	127 43	75,38 0,66	379 33
	Смета бойынша барлық тікелей шығындар:	теңге			256068	284297	641634 139377		174812 106931
	Жалпы құрылыс жұмыстарының құны:	теңге			1310445		-		-
	Материалдар	теңге			7360		-		-
	Тасымалдау шығындары	теңге			46299		-		-
	Барлақ жұмысқа	теңге			-	21244			-
	Конструкциялар, материалдар құны	теңге			1238962				-
	Жергілікті материалдар	теңге			2422				-
	Тасымалдау шығындары	теңге			54434				-
	Үстеме шығындар	теңге			355266				-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам – сағ			-				32684
	Сметалық жұмысқа	теңге			-	63948			-
	Жоспарлық қорлану	теңге			133297				-
	Жалпы құрылыс жұмыстарының құны	теңге			1799509				-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам – сағ			-				53109
	Сметалық жұмысқа	теңге			-	85192			-
	Металлдан мангалау жұмыстарының құны	теңге			2018				-
	Тасымалдау шығындары	теңге			109				-
	Барлақ жұмысқа	теңге			-	209			-
	Материалдар, конструкциялар құны	теңге			-				-
	Үстеме шығындар	теңге			1754				-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам – сағ			153				14
	Сметалық жұмысқа	теңге			-				-
	Жоспарлық қорлану	теңге			174	28			-

7.1-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Барлық металлды мантиядауға кеткен жұмыстың бағасы	теңге			2345	-			-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам-сағ			-	-			152
	Сметалық жұмысақы	теңге			-	236			-
	Тауқазба жұмысының бағасы	теңге			1247717	-			-
	Материалдар	теңге			222743	-			-
	Барлық жұмысақы	теңге			-	402422			-
	Транспорттық шығындар	теңге			3039	-			-
	Жергілікті материалдар	теңге			165641	-			-
	Транспорттық шығындар	теңге			38735	-			-
	Үстеме шығындар	теңге			353104	-			-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам – сағ			-	-			32486
	Сметалық жұмысақы	теңге			-	63559			-
	Жобалық қорлану	теңге			128066	-			-
	Тауқазба жұмыстарының барлық өзіндік бағасы	теңге			1728887	-			-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам – сағ			-	-			-
	Сметалық жұмысақы	теңге			-	460980			293666
	Смета бойынша барлығы	теңге			3530741	-			-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам-сағ			-	-			346927
	Сметалық жұмысақы	теңге				551409			

7.2-кесте
Алматы метрополитенінің бірінші кезегі. Жетісу станциясы. Эскалаторлық тоннель.
Эскалаторлық тоннельдің жергілікті сметасы (1984 ж. бағалармен құрастырылған)

№	Жұмыстар мен шығын атаулары, өлшем бірлігі.	Қолөмі	Бірік құны, ш. б.			Жалпы құны, ш. б.			Еңбек шығыны адам-сағ.	
			Барлығы	машин. пайд-у	машин. пайд-у	Барлығы	машин. пайд-у	машин. пайд-у	машин. пайд-у	машин. пайд-у
			Негізгі жұмысы	ішінде (сі) жұмысы	ішінде (сі) жұмысы	Негізгі жұмысы	ішінде (сі) жұмысы	ішінде (сі) жұмысы	бірлікте	барлығы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Эскалатормен жанысты қазу. Шеміршектің ұзындығы 0,65(0,65-0,8)м, Шыңқар табанды және едітіннен жүретін көлікке тиепін өзі түсіргіш көлік, 3- топты тоғарақ, 1000 м ³ Жекелеген бағасы: 144,0-6,49-0,62-13,17,0,15-63,19-0,62-207,16, ш. б	1,030	207,53	196,68	214	11	203	21,38	22	
2	Тереңдігі 3 м-ден жоғары қазандықтардағы және ортағы жанысты қолмен қазу, қарамен көтеру, 3- топтағы жаныстар, 1000 м ³ Жекелеген бағасы: 366,0-217,0-0,69-94,8-0,69-581 ш. б.	1,340	581,14	214,41	779	491	287	629,99	840	
3	10 көмге дейін тасымалдау, т	2269,800	0,77	-	1748	-	-	-	-	-
4	Үйінді жұмыс істеу, жанысты автокөлікпен жеткізу, 2-3 топты жаныстар, 1000 м ³ Жекелеген бағасы: 13,2-2,59-0,22-3,65-0,22-14,35 ш. б.	1,164	14,35	12,14	17	2	14	3,94	5	
5	Ұзындығы 1,5 м темірбетондық әңкерді орнату, 4- топтағы жаныстарды бұғылау бағасымен барғылау, шт	140,0	1,94	4,43	339	113	5	6,38	7	
6	Қалыңдығы 5 см бүрікте бетон қапталасын орнату, м ²	105,0	3,85	0,25	182	38	35	0,69	97	
7	Жерасты қазбасын штангамен бекіткендігі болат торды орнату, м ²	175,0	0,81	0,03	506	226	4	0,04	5	
8	Қаптау қапталдығы 5 см бүрікте бетоннан көлесі қабатын астауға орнату, м ² Жекелеген бағасы: 3,05-0,5-1,52-1 ш. б.	175,0	1,73	-	506	226	68	1,33	233	
9	Құрылым бағасы, м ²	20,0	0,36	0,04	134	-	7	0,15	9	
10	Шапталастың бағасы, м ²	11,0	0,71	-	103	-	7	0,05	9	
			9,39	-	103	-	-	-	-	

7.2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Бұрық бетонды жскалаторның қопару, 1000 м ² Жекеден бағасы	0,008	399,32	327,46	3,0	0	3	43	0
12	Сапаны 1-ден 5-ке дейінгі темірбетондық астаулар тақтааларын орнату, м ² Жекеден бағасы: 5,3+2,15+0,38+0,13+0,38=6,165 ш.б.	40	21,38	172,89	249	120	19	223,02	2
13	Темірбетон тубингтерінің бағасы, м ²	40,4	87,57	3538			7	0,23	9
14	Дайындақ бетон салу, м ³	12,3	29,72	366	34			26,98	322
15	Уақытша темірбетондық тәжібасты орнату, м ² Жекеден бағасы: 28,2+6,18+0,38+0,47+0,38=30,727 ш.б.	39,1	30,73	1,12	1201	333	44	11,90	465
16	Бетон бағасы, м ³	39,7	25,60	1016			25	0,84	33
17	Арматура бағасы, т	1,8	266,00	479					
18	Өтпелі тоннельдерде тесіктері жасағанда темір- бетондық қапталманы шығарған бөлшектегі қопару	40,4	1680	2,90	679	562	117	12,40	501
19	Дайындақ бетонды уақытша балтамен бөлшектегі бұзу, 100 м ² Жекеден бағасы: 373,0+187,0-0,69+56,2+0,69=540,8 ш.б.	0,121	540,81	224,78	65	38	27	591,50	72
20	Ернеулік блоктарды мангажау, 100 м Жекеден бағасы: 977,0+40,1-0,69+0,21-0,69=1004,8 ш.б.		316,03	94,98			11	122,52	15
21	Ернеулік блоктарды қайта салу, 100 м	0,700	39,81	0,35	28	24	0	62,53	44
22	Ішкі құрылыс бетондау, м ³	16,0	32,94	0,17	527	42	6	4,73	76
23	Бетонды бөлшектеу, 100 м ² Жекеден бағасы: 373,0+187,0-0,69+56,2+0,69=540,8 ш.б.	0,160	540,81	224,78	87	51	36	591,50	95
24	10 мм-ге дейін тасымалдау	72,0	0,77	55			15	122,52	20
25	3-топтағы қатырмаланған жыныстардағы құрастыр. малы қапталмасы бар экскалаторлық тоннельдерді өту, м ²	5448,0	4,33	0,80	25590	16780	4358	2,73	148,873
26	10 мм-ге дейін тасымалдау	10896	0,77	8390			272	0,06	351
27	Автокөлікпен жынысты тасымалдау, үйінде жүмыс істеу, 2-3 тоқты жыныстар	5,448	16,80	13,84	92	15	75	5,46	30
28	Жекеден бағасы: 13,2+1,59+0,69+3,63+0,69=16,8 ш.б. Сфералық шайбалы бұрандалы пайдаланып, көлбеу тоннельдегі шойын құрастырмалы тубингтері механикалық жинау ашпен салу, т	2009,0	4,39	0,41	8820	7052	82,4	3,11	6248
			3,51	0,02		40		0,03	52

7.2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	Тюбингтердің бағасы, т	2009,0	273,50	-	549492	-	-	-	-
30	Тоннельдің құрастырылаты қаптамасының сыртына ертіңдіні айданалау, м²	2755,0	2,71	0,04	7466	1350	110	0,47	1295
31	Диаметрі 4,5м артық тоннель қаптамасының түріне қарамай бетонды бөзгілаушы айданалау, м²	2755,0	1,80	0,18	4959	937	496	0,35	964
			0,34	0,07	-	-	193	0,09	249
32	Көлбеу тоннельдері, шойын тюбингтердің жіктерін, қорғасын сыңдармен нақыштау, м	2,92	90,55	9	264	206	26	46,6	136
			70,5	1,04	-	-	3	0,53	2
33	Тюбинг жинағышты эксплуатациялау, м/сағ.	768,0	51,50	-	39552	-	-	-	-
	Барлық тікелей шығындар, ш.б.	-	-	-	672166	307103	7893	-	36296
	Сонымен қатар:	ш.б.	-	-	776	162	25	-	234
	Құрылыс жұмыстары					10	-	-	-
	Құрылыс қазу жұмыстары	ш.б.	-	-	671390	36941	7868	-	36062
						1025	-	-	-
	Құрылыс қазу жұмыстарының үстеме шығындары	ш.б.	27,10%	-	181947	-	-	-	-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам – сағ	0,092	-	-	-	-	-	16739
	Сметалық жұмысқа	ш.б.	0,18	-	-	32750	-	-	-
	Барлық үстеме шығындармен жоспарлық қорлану	ш.б.	8,00%	-	854113	69853	7893	-	53035
	Барлығы смета бойынша	ш.б.	-	-	922442	69856	1035	-	-
						78938	-	-	-
	Нормативтік еңбек сыйымдылығы	адам – сағ	-	-	-	-	-	-	53035
	Сметалық жұмысқа, ш.б.	ш.б.	-	-	-	10888	-	-	-

Жерасты қазбаларының техника-экономикалық көрсеткіштерін талдаған кезде, оның 1 метіріне кететін толық шығын дарды анықтайды.

Алматы метрополитенінің эскалаторлық және өтпелі тоннельдерінің 1 м құрылысының сметалық бағалары 7.3, 7.4, 7.5-кестелерде келтірілген.

7.3-кесте

Диаметрі 9,5 м шойын тубинг құрастырмалы қаптамасы бар эскалаторлық тоннельдің 1 сақинасының (1м) сметалық бағасы (1984 жылғы бағалармен ш.б.)

№	Атаулары	Бірлік өлшемдері	Көлемі	Бірліктің бағасы, ш.б.	Жалпы бағасы, ш.б.
1	Уақытша бекітпемен эскалаторлық тоннельді қазу	м ³	75,9	4,33	329
2	10 км дейін жынысты тасымалдау	т	129	0,77	99
3	Үйіндідегі жыныстармен жұмыстар	1000м ³	0,076	15,39	1
4	Механикалық қалағышпен шойын тубингтерді орнату	т	16,02	4,39	70
5	Сфералық шайбасымен тубингтердің бағасы	т	16,02	273,5	4382
6	Құрастырмалы қаптаманың жіктерін нақыштау	пм	70	3,34	234
7	Қаптама сыртына ерітіндіні айдамалау	м ²	70	2,71	190
8	Қаптама сыртына бақылаушы айдамалау	м ²	70	1,8	126
9	Тактайлардан тартпаларды орнату	м ²	10,8	4,92	53

7.3-кестенің жалғасы

10	Тюбинг қалағышты эксплуатациялау	м/сағ	15,7	46,35	728
11	Техплатформаны эксплуатациялау	м/сағ	15,7	0,4	6
12	Сақиналық болат тығындаманы орнату	т	0,06	354	21
Барлығы, тура шығындар					6329
Үстеме шығындар, 27,1%					7929
Жоспарлық қорлану, 8%					8564
1991 жылдың бағасына өту коэффициенті, К=1,519					13099
Көмекші үрдістер, 13%					14800
Жалпы бағасы					14800

7.4-кесте

Құрастырмалы шойын қаптамалы өтпелі тоннельдің 1 м сметалық бағасы (1984 жылдың бағаларымен, ш.б.)

№	Атаулары	Бірлік өлшемдері	Көлемі	Бірліктің бағасы, ш.б.	Жалпы бағасы, ш.б.
1	КТ-5,6 В2 қалқандық кешенмен тоннельді қазу	м ³	18,7	0,26	5
2	Жынысты қабылдау және төгу	м ³	24,7	0,51	13
3	3-топтағы жыныстарды уатқыш қол балғаларымен қазып жеткізу	м ³	6,0	6,46	39
4	10 км дейін жынысты тасымалдау	т	42	0,77	32
5	Үйіндідегі жыныстармен жұмыстар	1000м ³	0,0247	15,34	1
6	Құрастырмалы шойын қаптаманы механикалық қалағышпен орнату	т	6,927	4,77	33

7.4-кестенің жалғасы

7	Шойын тубингтер бағасы	т	6,927	230,98	1600
8	Құрастырмалы қаптаманың сыртына ертіндіні айдмалу	м ²	17,3	2,58	45
9	Бақылаушы айдмалу	м ²	17,3	1,8	31,1
10	Жіктерді ісінетін цементпен нақыштау	пм	17,3	1,61	28
11	КТ-5,6 В2 кешенін эксплуатациялау	м/сағ	5,1	91	464
Барлығы, тура шығындар					2281
Үстеме шығындар, 27,1%					2899
Жоспарлық қорлану, 8%					3131
1991 жылдың бағасына өту коэффициенті, К=1,519					5374
Көмекші үрдістер, 13%					6073
Жалпы бағасы					6073

7.5-кесте

Құрастырмалы темірбетондық қаптамасы бар өтпелі тоннельдің 1 м сметалық бағасы (1984 жылдың бағасымен, ш.б.)

№	Атаулары	Бірлік өлшемдері	Көлемі	Бірліктің бағасы, ш.б.	Жалпы бағасы, ш.б.
1	2	3	4	5	6
1	КТ-5,6 В2 қалқандық кешенмен тоннельді қазу	м ³	18,7	0,26	5
2	Жынысты қабылдау және төгу	м ³	24,7	0,51	13

7.5-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
3	3-топтағы жыныстарды уатқыш қол балғаларымен қазып жеткізу	м ³	6,0	6,46	39
4	10 км дейін жынысты тасымалдау	т	42	0,77	32
5	Үйіндідегі жыныстармен жұмыстар	1000м ³	0,0247	15,34	1,0
6	Темірбетондық кесектерді механикалық қалағышпен орнату	м ³	3,68	4,58	17
7	Темірбетондық кесектердің бағасы	м ³	3,68	87,5	322
8	А-III арматурасының бағасы	100кг	1,61	22,4	36
9	А-I арматурасының бағасы	100кг	0,701	22,4	16
10	Салма бөлшектердің бағасы	100кг	0,001	40,8	1,0
11	Құрастырмалы қаптаманың сыртына ерітіндіні айдамалау	м ²	17,3	2,58	54
12	Бақылаушы айдамалау	м ²	17,3	1,8	31
13	Жіктерді ісінетін цементпен нақыштау	пм	17,3	1,61	28
14	КТ-5,6 В2 кешенін эксплуатациялау	м/сағ	5,1	91	464
Барлығы, тура шығындар					1050
Үстеме шығындар, 27,1%					1335
Жоспарлық қорлану, 8%					1442
1991 жылдың бағасына өту коэффициенті, К=1,519					2190
Көмекші үрдістер, 13%					2475
Жалпы бағасы					2475

Тоннель құрылысына кететін барлық тура шығындарды негізгі жұмыс баптарына бөліп талдасақ, эскалаторлық және өтпелі тоннельдерде құрастырмалы шойын тюбингтерін бекітпе қаптамасы ретінде қолданғанда, барлық шығындардың 70% шойын тюбингтердің бағасы құрайды. Ал темірбетондық тюбингтерін, өтпелі тоннель құрылысының барлық шығынының 30% ғана болады.

Алматы метрополитені жерасты қазбаларын қоршаған таужыныстары өте ұстамсыз, ашылып қазылғаннан кейін бірден бекітпелеуді керек етеді. Осы жағдайларда бекітпелер, құрастырмалы темірбетон немесе шойын тюбингтерінен тұрғызылады. Темірбетондық тюбингтер шойыннан біршама арзан. Бірақ шойын тюбингтер технология жағынан тиімді және икемді. Ол болттық қосушылармен сенімді біріктіріледі, монтаждауда еңбек шығыны аз болып келеді. Оларды қолданғанда, құбырлар мен ұңғымалық жабдықтарды орналастыру жеңілдейді.

Эскалаторлық тоннельдерді бекітпелеу үшін шойын тюбингтері, ал өтпелі тоннельдерде, керісінше темірбетон тюбингтері қолданылады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Насонов И.Д., Федюкин В.А., Шуплик М.Н.* Технология строительства подземных сооружений. Ч. I и II. – М.: Недра. 1983.
2. Проект первого пускового участка первой линий метрополитена в г. Алматы. МетроГИПРОтранс, –М.: 1984.
3. *Лиманов Ю.А.* Метрополитены. – М.: Транспорт. 1971.
4. *Мостков В.М., Орлов В.А. и др.* Подземные гидротехнические сооружения. –М.: Высш. шк. 1986.
5. *Баклашов И.В., Картозия Б.А.* Механика подземных сооружений и конструкции крепей – М.: Недра. 1984.
6. СНиП II–40–80. Метрополитены. Нормы проектирования. – М.: 1981.
7. СНиП II–44–78. Тоннели железнодорожные и автодорожные. Нормы проектирования. – М.: 1978.
8. СНиП II–94–80. Подземные горные работы. – М.: Стройиздат, 1982.
9. *Клорикъян В.Х., Ходош В.А.* Горнопродческие щиты и комплексы. –М.: Недра. 1977.
10. *Аксель А.К., Муртазин М.М.* Горнопроходческие щиты. Метод. указания. – Алматы: КазНТУ, 1998.
11. *Жаркенов М.І.* Тік оқпандардың конструкцияларын жобалау. Әдіст. нұсқау. – Алматы:, КазНТУ, 2001.
12. *Вияльцев М.М.* Технология строительства горных предприятий в примерах и задачах. – М.: Недра. 1989.
13. *Пшеничный А.Я.* Расчет проходческой подъемной установки. Руководство к практическим занятиям. – Алматы: КазНТУ, 1997.
14. *Жаркенов М.І., Әлменов Т.М.* Тік оқпанды жүргізу технологиясының инженерлік есептері. Әдіст. нұсқау. – Алматы:, КазҰТУ, 2005.
15. *Справочник инженера-шахтостроителя. Т. 1 и 2. /Под. ред. В.В. Белого. – М.: Недра. 1983.*

16. *Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г.* Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. – М.: Недра. 1989.

17. *Жәркенов М.І., Сердалиев Е.Т.* Жерасты ғимараттары конструкцияларының материалдары. Әдіст. нұсқау. – Алматы: КазҰТУ, 2002.

18. *Жәркенов М.І. және авторлар ұжымы.* Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминалогиялық сөздік. Кен ісі және металлургия. –Алматы: "Рауан", 2000.

19. Первая очередь метрополитена в г. Алматы. Перегонные тоннели ст. Тулпар – ст. Алатау. Локальная смета № 2–3. –М.: ППТ "Метропроект", Алматы, 2001.

20. Первая очередь метрополитена в г. Алматы. Сооружение эскалаторного тоннеля ст. Жетысу. Локальная смета №2–11–Т059–1. АлматыГИПРОтранс. Алматы, 1989.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	3
1. Метрополитен нысандарының түрлері және габариттері	5
1.1. Жалпы мағлұматтар.....	5
1.2. Метрополитен тоннелдерінің габариттері.....	7
2. Таужыныстары массивіндегі инженерлік-геологиялық ізденулер және зерттеулер.....	10
2.1. Жалпы мағлұматтар.....	10
2.2. Алматы метрополитені желілернің инженерлік- геологиялық зерттеулері	14
3. Метрополитен ғимаратының инженерлік контрукциялары	18
3.1. Жалпы мағлұматтар.....	18
3.2. Метрополитен тоннельдері қаптамаларының құрастырмалы конструкциялары.....	20
3.3. Метрополитен станцияларының құрастырмалы қаптамаларының конструкциялары.....	27
3.4. Алматы метрополитені ғимараттарының құрлыстық конструкциялары.....	32
3.5. Метрополитен тоннельдері мен станцияларының қаптамасының тау қысымынан болатын есепті жүктемелерді анықтау (СНиП II–40–80).....	36
3.6. Тюбингтік және кесектік конструкцияларды есептеу.....	43
4. Жерасты ғимараттарын қалқанды қолданып салу.....	54
4.1. Қалқандық тәсілдің мәні.....	54
4.2. Қалқандардың жіктемесі.....	58
4.3. Механикаландырылмаған қалқандар.....	59
4.4. Роторлық атқару органы бар қалқандар.....	61
4.5. Планетарлық әрекет–қимылдың атқару органы бар қалқандар.....	64
4.6. Теңселгіш атқару органы бар қалқандар.....	67
4.7. Құрамалы алаңшалар бар қалқандар.....	70
4.8. Әрекет қималы таңдамалы қалқандар.....	73
	215

4.9. Экскаваторлық атқару органы бар қалқандар.....	75
4.10. Тоннелдер құрлысын қалқандық тәсілмен жүргізгендегі технологиялық операциялар.....	78
4.11. Қалқандық комплекстер.....	87
4.12. Қалқанның ілгері жүрін бақылау.....	90
4.13. Ұңғымалық қалқандардың параметрлерін есептеу....	92
4.13.1. Қалақанды алға жылжытатын күштерді анықтау..	92
4.13.2. Ұңғымалық қалқандар мен комплекстердің өнімділігін есептеу негіздері.....	101
5. Метрополитеннің тік нысаны – оқпан құрлысының технологиясы.....	113
5.1. Тік оқпандардың көлденең қимасының пішіні мен өлшемдері, оқпанды жүргізетін технологиялық схеманы таңдап қабылдау.....	113
5.2. Оқпанды өтудегі жыныстарды тиеу жұмыстары.....	117
5.3. Оқпан өтудегі көтермені есептеу, көтерме қондырғысын таңдау.....	123
5.4. Оқпан бекітпесін таңдап есептеу.....	133
5.5. Оқпан өтудегі сутөкпені және желдетуді есептеу.....	139
5.5.1. Сутөкпені есептеу.....	139
5.5.2. Оқпанды желдетуді есептеу.....	142
5.6. Оқпанды өту циклдерінің параметрлерін есептеу және жұмысты ұйымдастыру графигін құрастыру.....	148
5.7. Тәжірибелік курстық жұмыстың тақырыбы және орындау талаптары.....	160
6. Метрополитеннің эскалаторлық тоннелі және вестибюлі құрлысының технологиясы.....	164
6.1. Эскалаторлар және эскалаторлық тоннелдер туралы жалпы мағлұматтар.....	164
6.2. Эскалаторлық тоннельдің уақытша ауызбасының қазаншұңқырын қазу.....	167
6.3. Эскалаторлық тоннельдің көтерме қондырғысын есептеу.....	171
6.4. Тау қысымын және бекітпені есептеу.....	177
6.5. Эскалаторлық тоннельді жүргізудің технологиялық схемасы және жұмыстардың ұйымдастырылуы.....	186

6.6. Метрополитен вестибюльдері құрылысының технологиясы.....	189
6.6.1. Вестибюльдер туралы жалпы мағлұматтар	189
6.6.2. Метро станциясы вестибюлінің қазаншұңқырын қазуды есептеу	193
7. Метрополитен құрылысының негізгі техника-экономикалық көрсеткіштерін талдау.....	199
Әдебиеттер тізімі.....	213

Оқулық басылым

Жәркенов Марат Іскендірұлы

**МЕТРОПОЛИТЕН НЫСАНДАРЫ ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ
ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Оқу құралы

РБ меңгерушісі

З.А. Ғұбайдулина

Редакторы

К. Мүптекеқызы

Техн. редакторы

Компьютерде беттеген

Л.Т. Қасжанова

Басуға қол қойылды «__» _____ 2011 ж.

Таралымы 500 дана. Пішімі 60x84 1/6. №1 баспаханалық қағаз.
Көлемі 13,6 есепті-баспа табақ. Шартты б.т. 12,6. Тапсырыс №
Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
университетінің басылымы
Ғылыми-техникалық баспа орталығы,
Алматы, Ладыгин көшесі, 32

ISBN 978-601-228-274-0



9