Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Тау-кен ісі» кафедрасы

«6В07205» – «Тау-кен инженериясы» мамандығы студенттеріне арналған

MIN4621 «Жерасты құрылысының объектілері» пәні бойынша

5-практикалық жұмыс. Метрополитеннің жерасты станциялары мен тоннелдерін салу жұмыстарының параметрлерін есептеу

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

Алматы, 2026

MIN4621 «Жерасты құрылысының объектілері» пәні бойынша
5-практикалық жұмыс. Метрополитеннің жерасты станциялары мен тоннелдерін салу жұмыстарының параметрлерін есептеу

Жұмыстың мақсаты: Метрополитен станцияларының конструкцияларын, бір күмбезді жерасты станциясын салу әдісін, үш күмбезді станциялар құрылысын салу әдістерін және де тоннельдерді өту ерекшеліктерін үйрену осы 5-практикалық жұмысты орындаудың негізгі мақсаты болып саналады.

Жұмысты орындау талаптары. Әрбір студент оқытушы ұсынған түсіндірме жазбаларды оқып меңгеріп, сонымен қатар, осы тақырып бойынша тағы да тереңірек өз бетінше ізденіп (жұмыс тақырыбына өзінің үлесін, тусінігін қоса отырып), А4 парағы беттеріне (компъютер көмегімен теру арқылы) жазып, жұмыстың теориялық бөлімдерін презентациялық (Word немесе PowerPoint (слайд)) материалдармен талаптарға сәйкес көрнекі етіп дайындап, бақылау сұрақтарына жауап жаза отырып, жұмысты оқытушы алдында қорғауы қажет.

Өткізу және қорғау мерзімі: Орындалған жұмыс силабустағы жоспар бойынша оқу графигінің **12-шы аптасының соңына дейін** тапсырылуы тиіс. Аталған мерзімнен кешіккен білім алушыдан жұмыс қабылданбайды!!!

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫСТЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ТҮСІНДІРМЕ БӨЛІМІ

1. Метрополитен станцияларының конструкциялары. Жерасты метрополитен станцияларының ғимараттары – заманауи құрылыс ішіндегі техникалық өте күрделі және еңбек күшін талап ететін, сонымен қатар салыстырмалы түрде материалды және ақшалай шығын көп бөлінетін салалардың бірі.

Станциядағы жұмыс көлемі мен құрамы, станциялық кешен қатарына кіретін ғимараттардың түрі және саны мен анықталады. Сонымен қатар станциялық кешенге станциялық тоннельдер мен бөлгіш залдар, тартпа камерасы бар эскалаторлық тоннельдер және машиналық бөлмелер, жерасты және жер үстіндегі вестибюльдер, желдету оқпандары, т.б. камералық қазбалар кіреді.

Жерасты әдісімен үш түрлі станцияларды салуға болады: **пилон түріндегі**; **колонна түріндегі** және **бір күмбезді** станциялар (**1-сурет**).

Жерасты әдісімен станцияларды салу күрделі болып келеді, себебі, қазба қималарының ауданы үлкен болғандықтан одан шығатын топырақтың көлемі көп болады. Сонымен қатар, жерастында үлкен кеңістік пайда болғаннан кейін оны қоршаған жыныстарды бір қалыпты, отырымсыз ұстап тұру керек, егер топырақ отырымы байқалса, онда жербетінде орналасқан ғимараттардың құлауына алып келеді.

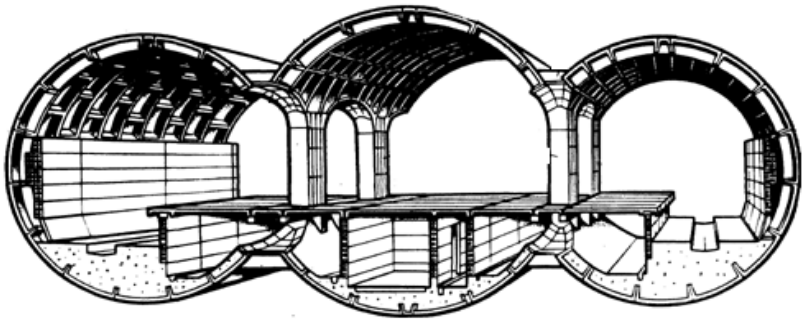
Станциялардың классификациясы:

1) Пайдаланымдық ерекшелігі бойынша – аралық, жолаушылық және соңғы;

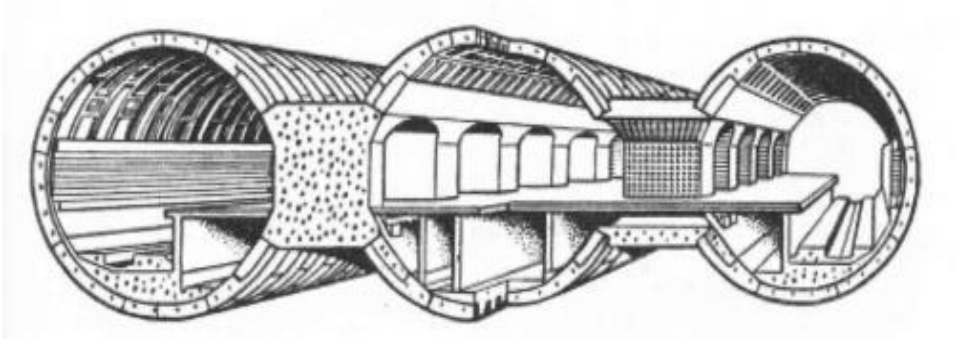
2) Орналасу тереңдігі бойынша – тереңге орналасқан жерасты станциялары, жер бетіне жақын орналасқан жерасты станциялары, ашық әдіспен салынған станциялар, жербеті және жер бетінен жоғары орналасқан станциялар;

3) Жолаушы платформаларының саны бойынша – 1-4;

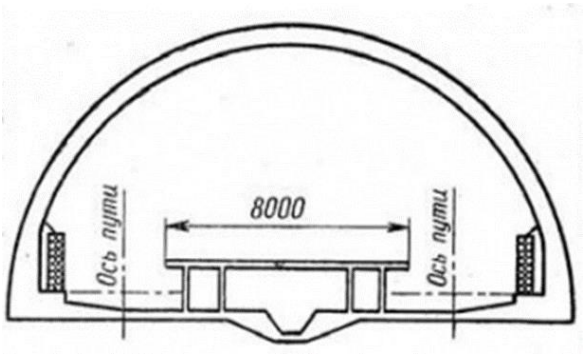
4) Күмбездерінің саны бойынша – бір күмбезді, үш күмбезді.



Үш күмбезді колонна түріндегі станция



Үш күмбезді пилон түріндегі станция



Бір күмбезді метрополитен станциясы

1-сурет. Метрополитен станцияларының жіктелуі

2. Бір күмбезді жерасты станциясын салу әдісі.

Станцияны салу үшін сол жердің геологиялық жағдайына байланысты әр түрлі әдістерді қолдануға болады (тірілген күмбез, тірек ядросы және оздырма бекітпені қолдану әдістері).

Бір күмбезді станцияларды көбінесе жартылай скальды және скальды таужыныстары сілемдерінде станцияларды салғанда қолданады. Олардың көлденең қимасының ауданы үлкен болғандықтан **бөлшектеп қазу әдісін** қолданады. Мұнда уақытша бекітпе ретінде метал аркалар, анкерлер немесе бүікпебетон бекітпелерін қолдануға болады. Бір күмбезді станцияларды орнықсыз жыныстарда салғанда көбінесе **тіреуші ядро әдісін** қолданады.

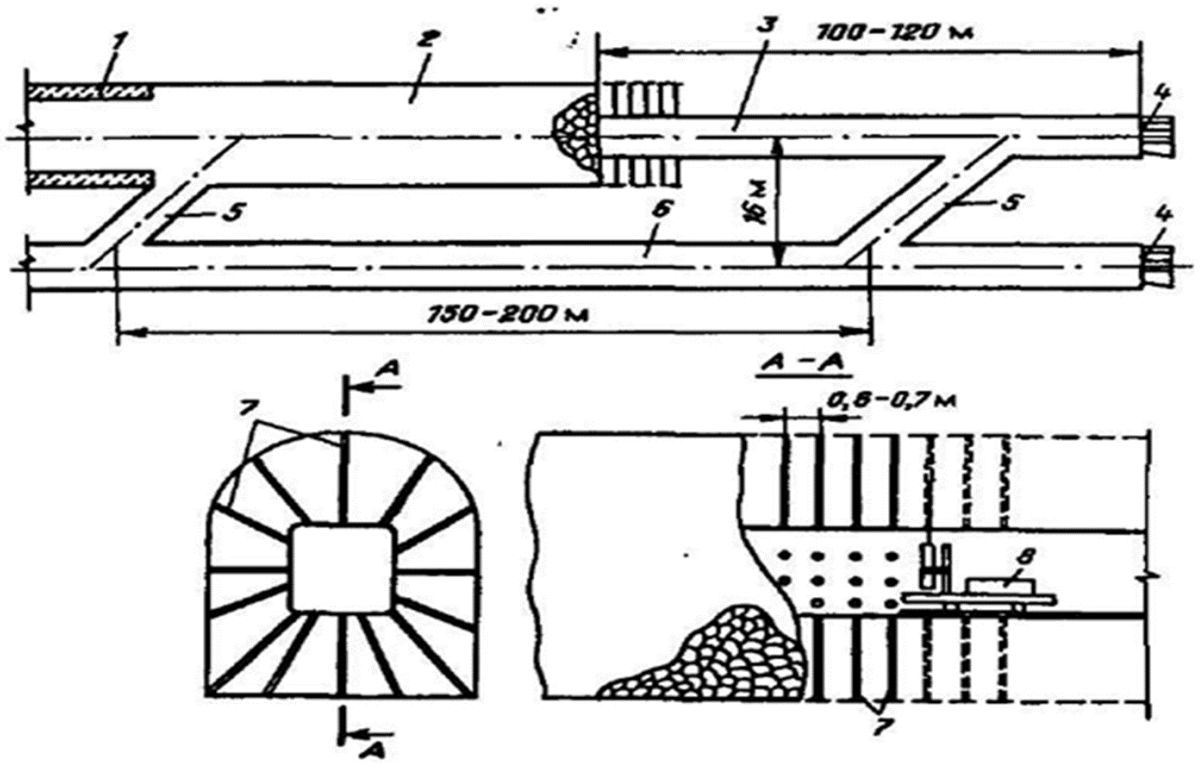
Тірелген күмбез әдісін қолданғандағыдай тоннель трассасын ұзындығы 5-6м сақиналарға бөледі. **Тіреуші ядро** әдісінің **негізгі мәні** тоннельдің қимасының жиектерінің бойымен, тоннельдің күмбезін және қабырғаларын қаптамалау үшін, саңылаулар жасау. Тоннельдің қимасының орталық бөлігіндегі жыныстар тоннель қазбасының толық қимасындағы қаптамалар кеуіп бекігеннен кейін ғана алынады. Жиектеуші саңлауларды жүргізген кезде тоннельдің орталық бөлігіндегі (ядросындағы) жыныстар уақытша бекітпелерді керіп тұру үшін қызмет етеді.

3. Үш күмбезді станциялар құрылысы.

Үш күмбезді станциялар құрылысында көбінесе **пилот-тоннель әдісі** қолданылады.

Бұл әдістің мәні мынадай: негізгі тоннельді салғанда, оның өсіне **параллельді қылып**, одан әжептәуір оздыра (100-250м) **көмекші тоннель немесе штольня (пилот-тоннель**) жүргізіледі. Тоннельді алдын ала оздыра жүргізілген (пилот-тоннель) қазбалар арқылы жүргізендіктен пилот-тоннель әдісі деген атау осыдан шыққан. Бұл әдіс созымалы ұзын және жербетінің деңгейінен үлкен тереңдікте тоннельдер салғанда қолданылады. Себебі, пилот-тоннель (штольня) арқылы қазба трассының тау-кен-геологиялық шарттарынан қосымша әрі дәл мәліметтер алуға да мүмкіндік туады.

Штольнялардың остерінің аралығы 16÷20 м шамасында болады. Негізгі және көмекші штольнялар тоннельдің забойынан 100-120 м озық жүргізіледі (**2-сурет**). Штольнялардың көлденең қимасының аудандары 8-9м^2 шамасында болады. Штольнялар әдеттегі қазбаларды бұрғылау-аттыру технологиясы бойынша жүргізіледі. Штольняларды жүргізген кезде шығарылатын жыныстар көмекші штольняға шоғырландырылады да, сол арқылы жербетіне шығарылады. Тоннельді толық салу үшін негізгі штольняны тоннельдің жобаланған өлшемдеріне дейін кеңітеді. Негізгі штольнядан радиальды қылып бұрғыланған шпурларды аттыру арқылы кеңітіледі. Шпурлардың өзара орналасу қашықтығын жыныс сілімінің физика-механикалық қасиеттеріне байланысты есептеп шығарады. Орта есеппен олардың арақашықтығы 0,6-0,7м.

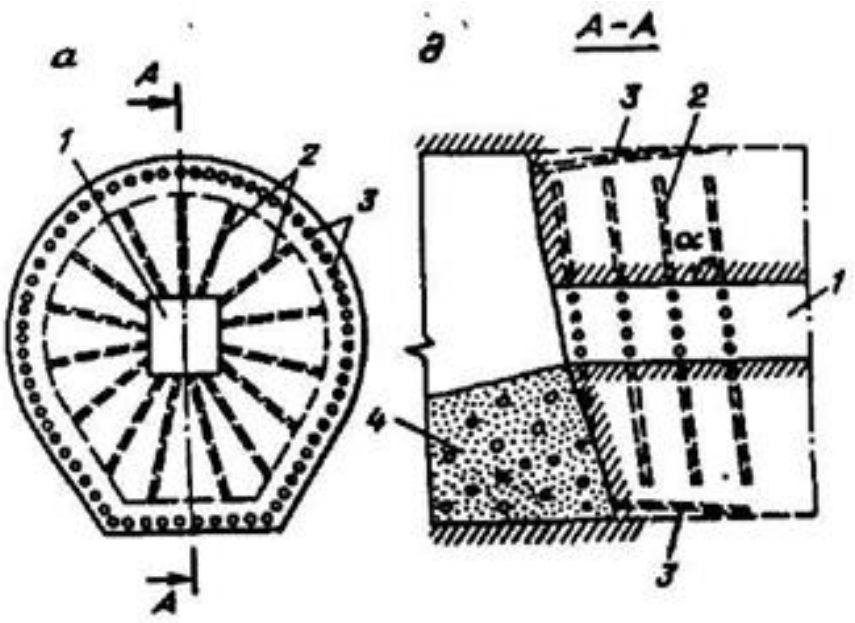


1-қаптама; 2-негізгі тоннель; 3-негізгі штольня; 4-озық штольнялардың забойы; 5-қиғаш түйіспе; 6-көмекші штольня; 7-ұлғайтушы шпурлар; 8-ұлғайтушы шпурларды бұрғылайтын қондырғы.

2-сурет. Тоннельді пилот-тоннель әдісімен салудың технологиялық сұлбасы.

Орталық штольнядан шпурларды рельс жолымен жүретін бұрғы қондырғысына орнатылған перфораторлармен бұрғылайды. Жарылыс жұмыстарын тоннельдің кемері забойда ылғи сәл қалыс қалып отыратындай етіп жүргізеді. Жарылыс жұмыстарын жалпы тоннель жүргізу жұмыстарын ұйымдастыру кестесіне сәйкес етіп 4-6 қатар шпурларды бір мезгілде аттырады. Аттырылған жыныстарды үлкен кен тиегіш машиналарымен немесе экскаваторлармен тиейді. Жыныстарды сыртқа автокөліктермен тасиды. Тоннель қаптамасын әдеттегі технологиямен орнатады.

Тоннельдерді жобадағы толық қимасына дейін кеңіту жұмыстарын кейде озық штольнялардан тоннель осіне параллельді шпурларды бұрғылап-аттыру әдісіменде жүргізуге болады. Мысалы, Қытайда тоннель салғанда осы әдісті қолданған. Олар тоннельдің орта шенінде орналасқан пилот-штольня арқылы жүргізген. Штольняның өлшемдері: ені – 2,8 м, биіктігі – 3,2 м. Тоннельді толық қимасына дейін бұрғылап-аттыру әдісімен ашу үшін, штльнядан бұрғыланған көлбеулеу орналасқан тік скважиналарды және жазық шпурларды пайдаланған (3-сурет).



а-тоннельдің көлденең қимасы; ә-тоннельдің ұзына бойғы қимасы;
1-орталық штольня; 2-шпурлар;
3-жиектеуші шпурлар;
4-аттырылған жыныстар.

3-сурет. Пилот-тоннель әдісін қолданғанда тоннельдің толық қимасын ашудың әдісі.

Диаметрі 100 мм көлбеулеу орналасқан ұңғымаларды штольняның ұзына бойы араларын 2 м қылып алып тоннельдің жобаны жиектеріне 1 м жеткізбей бұрғыланған. Тоннель қимасында қалған қалыңдығы 1 м «қабыққа» жазық шпурлар бұрғыланған (3). Ең бірінші ұңғымаларды аттырып, одан шыққан жыныстарды тиептасып алғаннан кейін, осы жиектеуші шпурларды аттырған. Ұңғымаларды топтап, штольняның 4 м ұзындығында орналасқан ұңғымаларды жарған. Жазық шпурларды диаметрін 40 мм және тереңдігін 4 м қылып бұрғылаған. Тоннель периметрі бойына оларды арасын 0,4-0,5 м қылып орналастырған. Сонда тоннельді жиектеуші жарылыс кезінде тоннель жиектері тегіс болып шыққан және тоннельдің периметрінің 1 метріне шаққанда жарылғыш заттың шығыны 0,3-0,4 кг болған.

Тоннельді пилот-тоннель (штольня) арқылы салудың бірқатар **артықшылықтары** бар:

- штольняны алдын-ала оздыра өткендіктен тоннель трассының тау-кен-геологиялық жағдайларынан көптеген дәл деректер алуға мүмкіндік туады;
- тоннельді желдету мәселесі онай және әсерлі шешіледі;
- жыныстарды бұрғылау, тиеу және тасу жұмыстарын бір уақытта қатар жүргізуге болады;
- қазба жүргізу жұмыстарын толық механикаландыруға болады;
- тоннельді пайдалану кезінде штльняны оны желдетуге, коммуникацияларды орналастыруға, тоннель трассасының бойымен еркін жүріп тоннельдің жағдайын бақылауға болады. Сонымен қатар, көмекші штольняны қауіпті жағдайларда қосымша шығыс есебінде де қолдануға болады.

Бұл әдісің басты **кемшілігі** штольняларды жүргізу үшін қосымша жұмыс көлемі атқарылады. Қазбаларды жоғары жылдамдықпен жүргізу үшін көбінесе комбайндарды қолдануға тура келеді.

4. Тоннель жүргізудегі бұрғылап-аттыру жұмыстары.

Тоннель жүргізген кездегі бұрғылап-аттыру жұмыстарына қойылатын талаптар тау-кен қазбаларын бұрғылап-аттыру әдісімен жүргізгендегі талаптармен сәйкес. Бұл жұмыстардың параметрлерін анықтау және жабдықтарды таңдау тәсілдеріде бірдей. Бұл жағдайда айырмашылығы тек қана тоннель қазбасының көлденең қимасының ауданы тау-кен қазбаларының қимасынан көп үлкендігінде. Осының салдарынан шпурлардың саны, тереңдігі орналасу реттері, атылғыш заттардың шығыны және т.б. корсеткіштері өзгеше болады. Сондықтанда тоннель жүргізу кезіндегі бұрғылап-аттыру жұмыстарының ерекшеліктерін ескеру керек.

Ұңғыма жобаланған бағыттан, ұңғыманың 1 м тереңдігіне 5 см-ден артық, ауытқымауға тиісті. Скважиналардың өзара қашықтығы a=W, егер жыныстарды қатты уақтау керек болса, онда a=(0,85- 0,9) W.

Құрғақ забойларда ұнтақталған аммонитттер және басқа да түйіршектелген механикаландырылған әдіспен оқталатын атылғыш заттар, ал сулы забойларда патрондалған ЖЗ-тар қолданылады Зарядтарды электродетонаторлардың немесе детонациялық пілтелердің көмегімен аттырады. Зарядтардың қатарларының арасын 25 мс-тан артық кешеуілдетумен аттырады [2].

Шпурларды бұрғылау жабдықтары негізінен тоннельдің көлденең қимасының ауданына байланысты таңдап алады. Көлденең қимасының аудандары 30-50 м^2 тоннельдерде бұрғылау жұмыстарын СБУ-2к, СБУ-2 м типті бұрғы қондырғыларын қолданады. Қазбалардың ауданы 50-60 м^2 болса, онда биіктігі 12 м дейінгі забойларда шпур бұрғылай алатын УБШ-532Д. УБШ-662 типті бұрғы қондырғыларын қолдануға болады. Тоннель қазбаларында негізінен жақтаулы бұрғы қондырғылары ыңғайлы. Көлденең қимасының ауданы 65 м^2 жоғары болғанда әр түрлі 5-7 кейде, оданда көп бұрғылау машиналары орнатылған жақтаулы бұрғы қондырғыларын қолданады.

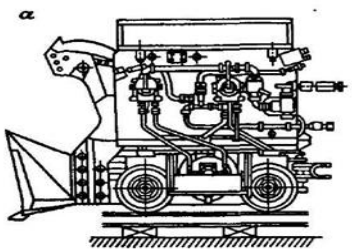
5. Тоннельді желдету жұмыстары. Тоннельдерді желдетудің өзіне тән ерекшеліктері бар. Себебі олардың көлденең қималарының аудандары үлкен, созылымы ұзын және бір уақытта көп мөлшерде атылғыш заттарды жарады және тоннельдің ішінде әртүрлі дизельді қозғағыштары бар машиналар жыныс тасиды. Сонымен қатар, тоннельдерді жүргізу мен құрылыс-монтаж жұмыстарын жүргізгенде ғана емес, жұмыстар тоқтап тұрған кезде де желдету керек [3].

Тоннельдерді желдету үшін үрлеме (айдама) және біріктірілген желдету сұлбалары қолданылады. Оларды желдету үшін желдету қондырғыларын және диаметрлері әжептәуір үлкен (1 м) желдету құбырлары пайдаланылады.

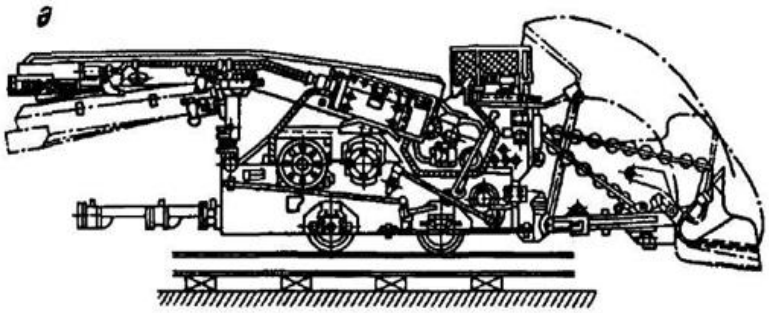
6. Тоннель салу кезіндегі қопсыған таужыныстарын тиеу және тасу жұмыстары. Тоннельдерді салғанда жыныстарды тиеу жұмыстары еңбек шығыны жағынан бұрғылау жұмыстарынан кейінгі екінші орын алатын үрдіс. Тоннель салу кезіндегі тиеу және тасу жұмыстарын ұйымдастырудың, механикаландырудың және орындаудың басқа қазбаларды жүргізгендегіден өзіндік айырмашылықтары бар. Оның себебі: - бір циклде аттырылған

жыныстардың көлемінің көптігі, кейде 800-1000 м^3; тоннельдің ені мен биіктігінің шамаларының үлкендігіне сәйкес көлемдері үлкен тиеу және тасу машиналарын қолдану мүмкіндігі; жыныс үйіндісінің көлемінің көптігі және олардың арасында үлкен жыныс кесектерің болуының арқасында жыныс тиеуге жерасты экскаваторларын қолдануға болатындығында.

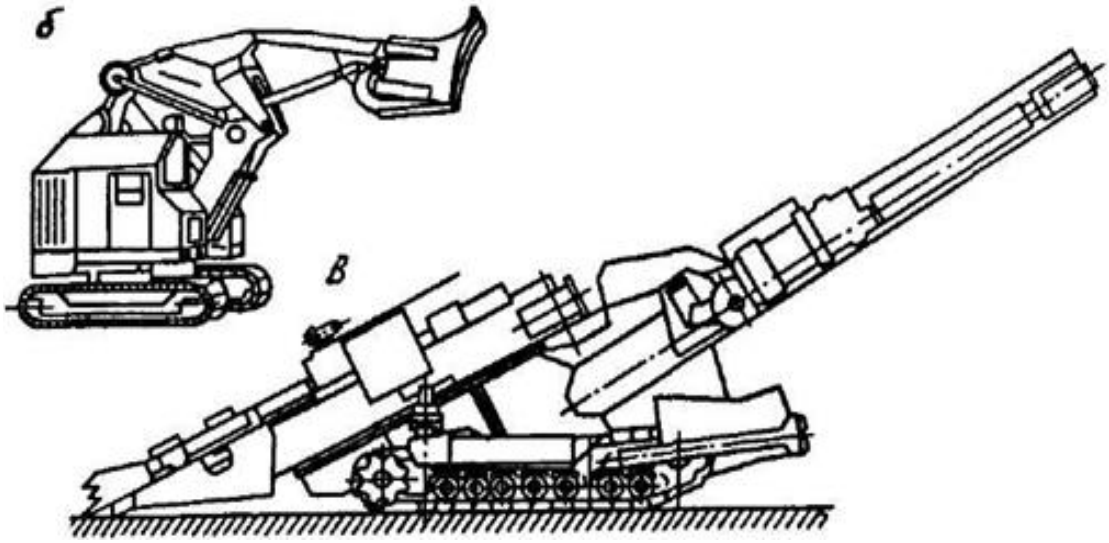
Тоннель салғанда жыныстарды тиеуге, көбінесе жерасты экскаваторларын, тау-кен тиеу машиналарын, фронтальды өздігінен жүретін тиегіш машиналарды қолданады (**4-сурет**). Тиеу жұмыстарын ұйымдастыру және оны механикаландыру деңгейлері жыныс тасу үрдістерімен тығыз байланысты. Жыныстарды тиеу және тасу жұмыстарын атқаратын жабдықтарды тоннельдің өлшемдеріне және жыныс сілімінің физика-механикалық қасиеттері мен жыныс тиеу жұмыстарының қажетті еңбек өнімділігіне сәйкес етіп таңдап алады [2].



а-рельсті жолмен жүретін тіке тиейтін ППН-3 машинасы



ә-рельсті жолмен жүретін аралық тиегіші бар 1ППН-5 тиеу машинасы



б-жебесі қысқартылған ЭО-5114 жерасты экскаваторы; г-үздіксіз әрекетті көсуші қалақтары бар ПНБ-3к тиегіш машинасы.

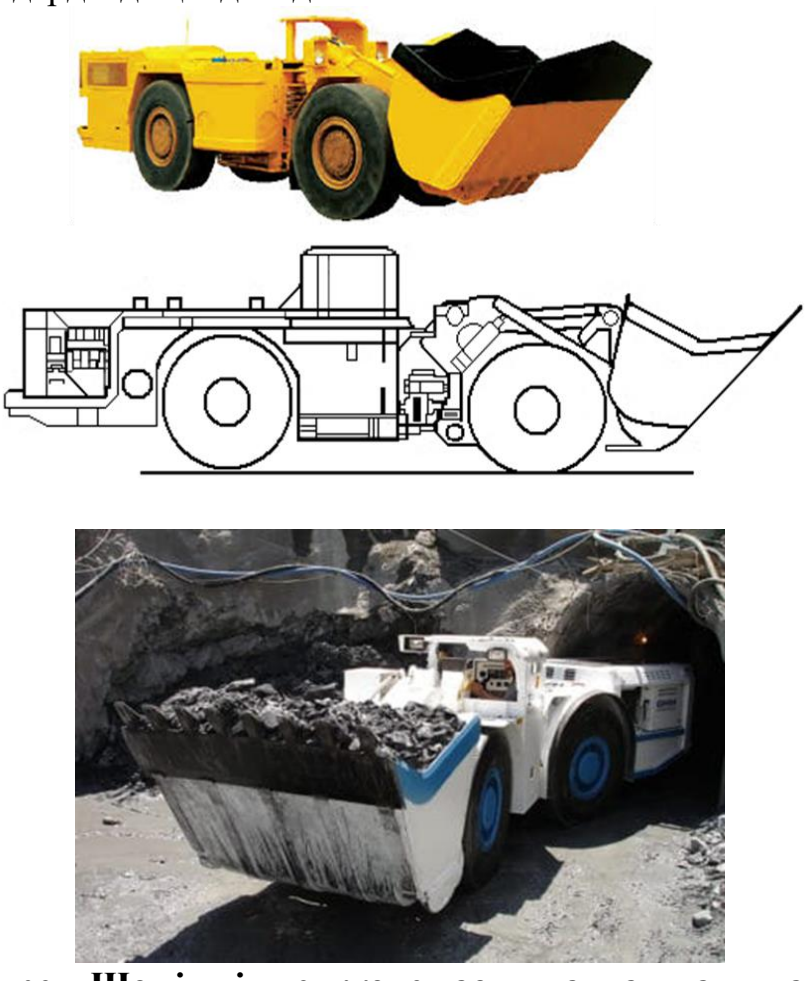
4-сурет. ТМД елдеріндегі тоннель құрылысында жыныс тиеуге қолданатын машиналар.

Тасымал жабдықтары. Тоннель салғанда негізінен тасымал жабдықтарының екі түрі **автоөзітүсіргіштер** және **рельсті көлік құрылымдары** қолданылады. Көбінесе **автокөліктер** қолданылады. Рельсті көлік құрылымдарын созылымы ұзын, қазбаларды желдету жұмыстарында қиындықтары бар тоннельдерді салғанда қолданады.

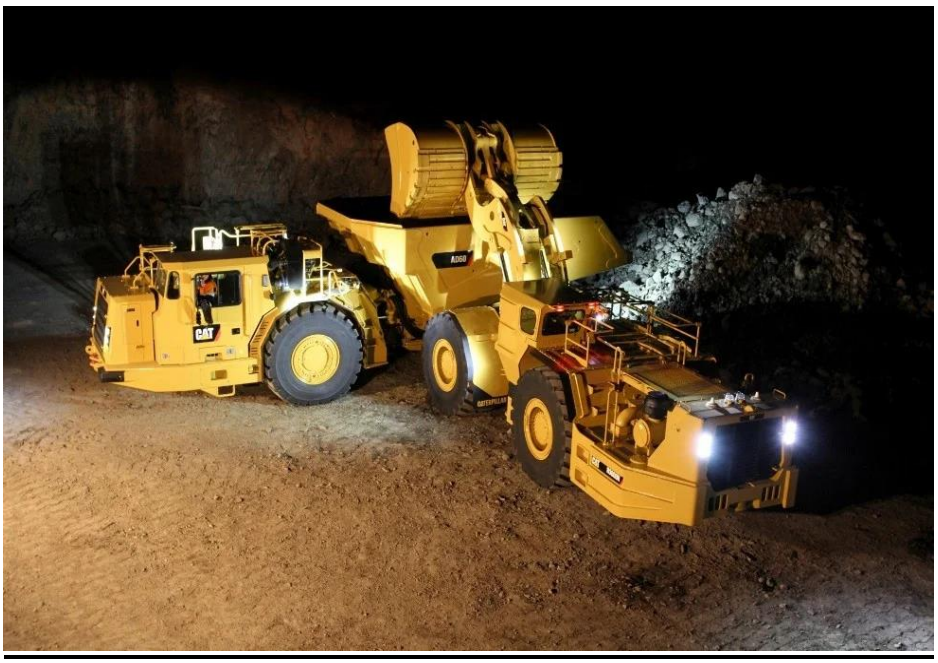
Кейінгі кездерде, іс жүзінде, тоннель салу кезінде жыныстарды тасуға **ленталы конвейерлері** де тиімді қолданып жүр. Қазбаның қимасының ауданы кіші тоннельдерде олар үлкен өнімділікпен жұмыс істей алады. Мысалы, «Сейкан» (Жапония) суасты тоннелін салған кезде көлбеу құрылыс тоннельдеріне ленталы конвейер жүйесі арқылы жыныстарды тасыған.

Жыныс тасушы автокөліктердің құрылымы бойынша екі түрі бар: шанағы машинаның рамасының өзіне орнатылған автоөзітүсіргіштер және өзара топса арқылы жалғастырылған бір өсті машинадан және шанағын өздігінен аударатын тіркемеден тұратын автокөліктер (Мысалы, **МоАЗ-64011**, «**Кируна**» және т.б.). Тіркемелі автокөліктердің бұрғылау радиусы қысқа. Сондықтанда оларды көлденең қимасының ені тар тоннельдерді салғанда қолдануға өте ыңғайлы.

Тоннель салу кезінде жыныстарды тасуға сиымдылығы үлкен вагондары, электровоз немесе дизель-электровоз локомотивтері бар рельспен жүретін құрылымдарды да қолданады.



5-сурет. Шөмішті тиеу-және тасылмалдау машинасы



6-сурет. Забойдағы қопсыған таужыныстарын өздігінен жүретін шөмішті тегіш машинасының тасылмалдау машинасынасына тиеу көрнісі

Практикалық жұмыс тақырыбы бойынша бақылау сұрақтары:

1. Метрополитен станцияларының негізгі конструкциялары?
2. Метрополитен станцияларының классификациясы жөнінде түсіндіріңіз?
3. Біркүмбезді станцияларды салу технологиясы?
4. Тоннельді пилот-тоннель әдісімен салудың технологиясы?
5. Тоннель жүргізудегі бұрғылап-аттыру және желдету жұмыстары жөнінде түсіндіріңіз?
6. Тоннель салу кезіндегі тиеу және тасу жұмыстары жөнінде түсіндіріңіз?
7. Тоннельдерді бекіту (қаптамалау) жұмыстары жөнінде түсіндіріңіз?
8. Қопсыған таужыныстарын тиеп-тасымалдауға қолданылатын өздігінен жүретін поневмодоңғалақты тиеу және тасымалдау машиналарының қандай түрлері мен маркаларын білесіз, олардың жұмыс істеу принцптерін түсіндіріңіз?

Практикалық жұмыс тақырыбын терең меңгеру үшін ұсынылатын әдебиеттер тізімі:

Негізгі: [1, 2, 3, 4]; Қосымша [7, 8].

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