

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

I.MAJIDOV, X.FAYZIYEV, S.SAYFIDDINOV

YER OSTI GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi
tomonidan 5340700 – «Gidrotexnika qurilishi (daryo inshootlari
va gidroelektrostansiyalar qurilishi)» talabalari uchun o‘quv qo‘llanma
sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT – 2012

UDK 626/627 (035.5)

KBK 38.78я7

M15

M15 I.Majidov, X.Fayziyev, S.Sayfiddinov. «Yer osti gidrotexnika inshootlari» –T.: «Fan va texnologiya», 2012, 164 bet.

ISBN 978–9943–10–736–6

O'quv qo'llanma «Yer osti gidrotexnika inshootlari» fanni dasturi asosida yozilgan bo'lib unda yer osti gidrotexnika inshootlari tiplari va konstruksiyasi, ularni suv inshootlari bo'g'inida joylashishi, tunnellar, shaxtalar, kamera qazilmalari qoplamalari to'g'risida ma'lumotlar va yer osti gidrotexnika inshootlarining hisoblari bayon etilgan. O'quv qo'llanma 5580700 – «Gidrotexnika qurilishi (daryo inshootlari va gidroelektrostansiyalar qurilishi)» bakalavriyat ta'lim yo'nalishi talabalariga mo'ljallangan. Undan 5A340702 – « Geotexnika va yer osti gidrotexnika inshootlari» magistratura mutaxassisligi talabalari hamda yer osti gidrotexnika inshootlarini loyihalash va qurish bilan shug'ullanuvchi mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

UDK 626/627 (035.5)

KBK 38.78я7

Taqrizchilar: QODIROVA M.G-A. – TIMI «Gidrotexnika inshootlari va muhandislik konstruksiyalari» kafedrası dotsenti, t.f.n.;

HUSANXO'JAYEV O.I. – TAQI «Gidrotexnika inshootlari, zamin va poydevorlar» kafedrası dotsenti, t.f.n.

ISBN 978–9943–10–736–6

© «Fan va texnologiya nashriyoti», 2012.

SO'Z BOSHI

Yer osti gidrotexnika inshootlari suv inshootlari bo'g'ini qurilishida keng tarqalgan. Har xil maqsadlardagi gidrotexnika tunneli, shaxtali turbina suv tashimasi, tenglashtiruvchi shaxta va rezervuarlar, yer osti mashina zallari, zatvor kameralari va transformator joylari ko'plab loyihalanayotgan va qurilgan GES va GAES lar tarkibiga kiradi.

Yer osti gidrotexnika inshootlari suv inshootlari bo'g'ini tarkibidagi eng murakkab va ko'p mehnat talab qiladigan inshootlar turiga kiradi. Ushbu inshootlarni boshqa inshootlarga nisbatan, masalan, transport tunnellari, o'ziga xos xususiyati gidrotexnika tunnellari, shaxtalari, kamera qazilmalari turlari, ularni o'lchamlari va shakllarini, inshootning tutashishi nihoyat darajada xilma-xilligidir. Yer osti gidrotexnika inshootlariga katta miqdordagi yuk va kuchlarni ta'siri (suvning ichki va tashqi bosimi, tog' bosimi, seysmik ta'sirlar, dinamik zarb va suvning tepkili (pulsatsion) bosimi yer osti konstruksiyalarni hisoblarini murakkablashtiradi. Yer osti inshootlari trassasi bo'ylab injenerlik – geologik sharoitni har xilligi esa yer osti ishlarini bajarishni qiyinlashtiradi.

Ushbu o'quv qo'llanma «Yer osti gidrotexnika inshootlari» fani dasturi asosida yozilgan bo'lib 5580700 –Gidrotexnika qurilishi (daryo inshootlari va gidroelektrostansiyalar qurilishi) bakalavriyat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan.

O'quv qo'llanma ikki bo'lim va 9 bobdan iborat bo'lib, unda yer osti gidrotexnika inshootlarini suv inshootlari bo'g'inida joylashishi, ularni konstruksiyasi to'g'risida umumiy ma'lumotlar, tunnel qoplamalarini loyihalashni asosiy qoidalar, yer osti inshootlarini suvdan himoya qilish masalalari ularni drenajlari, tunnellar, shaxtalar va kamera qazilmasi qoplamalari to'g'risida ma'lumotlar bayon etilgan. Yer osti gidrotexnika inshootlari hisoblari shu jumladan: derivatsiya tunnelini gidravlik hisobi; energetika suv tashima quvuri hisobiy parametrlarini texnik-iqtisodiy asoslash; yer osti inshootlari ishlash sharoiti va tunnel, shaxta va kamera qazilmasi qoplamalarini hisoblari keltirilgan.

Ushbu yer osti gidrotexnika inshootlari o'quv qo'llanmasi o'zbek tilida birinchi marta yaratilmoqda. Unda yer osti gidrotexnika inshootlarini ilmiy tadqiq qilish, loyihalash va qurish sohasidagi

mamlakatimiz va xorijdagi zamonaviy yutuqlar aks ettirilgan. O'quv qo'llanmadagi ma'lumotlarni o'zlashtirish uchun talabadan deformat-siyalanmaydigan qattiq jismlar mexanikasi, qurilish mexanikasi, injenerlik geologiyasi, qoya jinslar mexanikasi, gidravlika, temir-beton konstruksiyalar va gidrotexnika qurilishi iqtisodiyoti kabi fanlardan chuqur bilimga ega bo'lishi talab etiladi.

O'quv qo'llanmani yaratishda shu sohada hozirgacha rus tilida nashr etilgan darslik va o'quv qo'llanmalardan, me'yoriy hujjatlardan foydalanildi.

I bob. YER OSTI INSHOOTLARINING SUV INSHOOTLARI BO'G'INIDA JOYLASHISHI

1.1. Yer osti gidrotexnika inshootlarining tasnifi

Qurilish amaliyotida yer osti ishlarini bajarish bilan amalga oshiriladigan gidroenergetik, gidrotexnik, yo'l, shaxta inshootlari ma'lum. Bunga ko'plab Gidroelektrostansiyalar (Chorvoq, Toktog'ul, Chirkey, Ingur, Tatev, Kopchigay, Atbashi, Nurek) gidrouzellari inshootlarini, yo'l qurilishi maqsadida amalga oshirilgan Toshkent-Qo'qon avtomagistralidagi Qamchiq dovoni tunnel yo'llari, Yopiq usulda qazilgan Toshkent metrosi tunnellarining qismlarini misol keltirish mumkin. Sobiq ittifoq masshtabida qurilgan Kanokert, Dzoraget, Ulbin GES, Rion va Baksan GES, Savan, Arznin va Ladjanur GES inshootlari qurilishida juda katta miqdorda yer osti ishlari bajarilgan.

Oxirgi 25 yil ichida sobiq ittifoqda va Respublikamizda yer osti gidrotexnika inshootlari qurilishi keng rivojlandi. Yuqori quvvatga ega bo'lgan qator yer osti GESlari qurildi. Ularga quvvati 1300 mVt diametri 9,5 m, uzunligi 15 km bo'lgan 450 m³/s suv sarfini o'tkazuvchi derivatsiya tonnelli Inguriya GESini kiritish mumkin.

Sobiq ittifoqda qurilgan va qurilayotgan gidrotexnika tunnelining umumiy uzunligi 400 km ga yetadi. Eng uzun tunnel (50km ga yaqinroq) Arpa daryosi oqimini Sevan ko'liga uzatuvchi tunnel hisoblanadi.

Yer osti ishlarini bajarish usullarini takomillashtirish davom etmoqda, yanada tejamli gidrotexnika inshootlari barpo etilmoqda va mamlakat umumiy gidroenergetika tarmog'ida yer osti GES salmog'i ortib bormoqda.

Gidroelektrostansiya (GES) va gidroakkumilatsiyalovchi elektrostansiya (GAES) tarkibida yer osti gidrotexnika inshootlari har xil ko'rinishda uchraydi va quyidagi turlari mavjud.

Suv qabul qiluvchi inshoot – GES yoki GAESga suv olish uchun mo'ljallangan va GAES nasos rejimida ishlaganda suv bo'shatma vazifasini bajaradigan inshoot.

Gidrotexnika tunneli – suv sarfini o'tkazish uchun mo'ljallangan katta uzunlikdagi gorizontall yoki qiya yer osti qazilmasi.

Derivatsiya – GES yoki GAES gidroagregatiga suvni olib kelish yoki olib ketish uchun xizmat qiladigan inshootlar majmuasi bo'lgan gidrotexnika tunneli.

Shaxta – uncha katta bo'lmagan uzunlikdagi gorizontall yoki qiya tog' qazilmasi.

Tenglashtiruvchi rezervuar (hovuz) –derivatsiya suv tashimasi-ni gidravlik zarbdan himoya qilish uchun unda joylashtiriladigan shaxta.

Kamera – hamma uch yo'nalishi bo'yicha katta o'lchamga ega bo'lgan qurilma va jihozlarni (turbina, zatvor, ko'targichlar va h.) joylashtirishga mo'ljallangan tog' qazilmasi.

Shtolnya – yerning ustki qismidan o'tgan yer osti tog' ishlarini (gruntni olib chiqib ketish, tog' jinslarini o'rganish, shamollatish, suvni chiqarib yuborish va h.) bajarish uchun xizmat qiladigan gorizontall yoki sal qiyaroq tog' qazilmasi.

Energetika suv tashimasi – tenglashtiruvchi rezervuar yoki bosimli hovuzdan gidroagregatga suv keltiruvchi yuqori bosimli gidrotexnika tunneli.

Yer osti qazilmalari beton yoki temir-beton bilan mustahkamlanadi. Yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan yaxlit tog' jinslarida qoplama ishlatmaslik ham mumkin.

Qoplama deb, yer osti qazilmasini mustahkamlovchi va uni ichki yuzasini hosil qiluvchi doimiy qurilmaga aytiladi.

Tog' mustahkamlagichi – bu yer osti qazilmalarini qazish davrida uni berilgan o'lchamlarini saqlab qolish va uni o'pirilishdan va o'rab turgan gruntni ko'pchishidan himoya qilish uchun o'rnatiladigan qurilma. Mustahkamlagich ko'pincha qoplamaning tarkibiy qismi hisoblanadi.

Yer osti inshootlarini ikkita asosiy turga bo'lish mumkin:

a) GES yoki GAES gidroagregatiga suv keltirish va suvni olib ketish uchun mo'ljallangan suvli muhit ta'sirida ishlaydigan inshoot.

b) GES dan normal foydalanish uchun kerakli har xil qurilma va jihozlarni joylashtirishga mo'ljallangan quruq yer osti qazilmasi ko'rinishidagi inshoot.

Yer osti inshootlari birinchi guruhiga quyidagilar kiradi: chuqurda joylashgan suv qabul qiluvchi inshoot, bosimli va bosimsiz derivatsiya tunnellari, turbinaga suv keltiruvchi quvurlar, tenglashtiruvchi rezervuarlar, GAES yer osti hovuzlari, aeratsiya shaxtalari, toshqin

suvlarini tushirib yuborish va suv inshootlari qurilishi davrida suvlarni olib ketishga mo'ljallangan tunnellar.

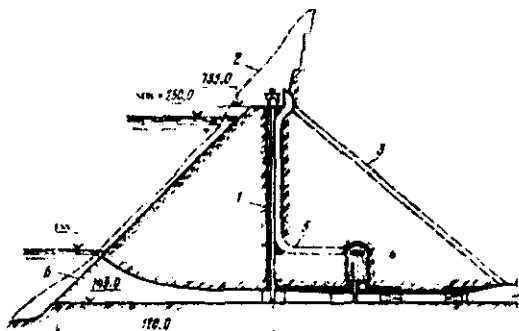
Ikkinchi guruh yer osti inshootlariga quyidagilar kiradi: yer osti mashina zallari, transport tunnelli, transformatorni joylashtirish xonasi, yuqori kuchlanish kabellarini va generator shinalarini o'tkazish, yer osti qazilmalarini shamollatish va qurilish ishlarini olib borish uchun mo'ljallangan shaxtalar va tunnellar.

Yuqorida qayd etilgan inshootlarning ayrimlari ham birinchi va ham ikkinchi guruhga kirishi mumkin, masalan, aeratsiya shaxtalari. Chuqurdagi suv olish inshootlari normal sharoitda ishlaganda ushbu shaxtalarda suv ombori sathiga yaqin suv sathi hosil bo'ladi. Bosimsiz derivatsiyada esa aeratsiya shaxtalari doimo quruq holda bo'ladi.

1.2. Yer osti inshootlarining vazifasi

1.2.1 Suv muhiti ta'sirida ishlaydigan inshootlar

Chuqurdagi suv qabul qilish inshooti. Hidroelektrostansiyaga suv olish ikki xil suv qabul qilgich orqali amalga oshiriladi— chuqurdagi va yuzadagi. Qirg'oqdagi turli chuqurlikda joylashgan suv qabul qilish inshooti kirish qismi axlat ushlab qoluvchi panjara va zatvor o'rnatilgan, suv ombori qirg'og'i qiyaligiga joylashgan o'zgaruvchan kesimli tunnel ko'rinishiga ega (1.1-rasm).



1.1 -rasm. Qirg'oq tipidagi chuqurda joylashgan suv qabul qilish inshooti:

1—ta'mirlash zatvori shaxtasi; 2—yer usti yuzasi; 3—aeratsiya shaxtasi; 4—avariya zatvori joyi; 5—aeratsiya quvuri; 6—axlat ushlab qoluvchi panjara.

Panjara oldidagi oqim tezligi suv qabul qilish inshootini normal dimlangan sath (NDS) dan qancha chuqurda joylashganligi va panjaradagi axlatga qarshi kurashish usuliga ko'ra belgilanadi. Juda chuqurda joylashgan tozalanmaydigan panjarali suv qabul qilish inshootlari uchun (80m va undan ko'proq) oqim tezligini 0,4—0,5 m/s qabul qilish tavsiya etiladi. Tozalanadigan panjaralarda tezlik 0,7m/s gacha oshiriladi.

Suv qabul qilish inshooti tog' massivi ichiga yanada chuqurroq joylashtirilsa, uning o'lchamlari bir tekisda kamayadi. Derivatsiyali suv o'tkazgich bilan tutashganda uni o'lchamlari derivatsiya kesim yuzasiga yaqinroq bo'ladi.

Yuqoridagi 1.1-rasmda yirik derivatsiya GES ini normal dimlangan sathdan 105 m chuqurlikda joylashgan chuqurdagi suv qabul qilish inshooti keltirilgan. Suv qabul qilish inshootining bunday chuqurda joylashishi suv ombor suvi sathining 80 m oralig'ida o'zgarishi (ko'tarilishi va pasayishi) bilan bog'liq.

Suv qabul qilish inshooti axlat ushlab qoluvchi tozalanadigan panjarasi maydoni 350m^2 , bu oqimni panjaraga 0,65 m/s tezligida kirishiga mos keladi. Suv qabul qilish inshooti so'nggi qismida yassi ta'mirlash zatvorlari uchun nam shaxta joylashgan. Zatvorni ko'tarish mexanizmlari NDS dan yuqoridagi maydonchada joylashadi. Nam shaxtadan keyin diskli avariya - ta'mirlash zatvori yo'lagi joylashgan. Har ikkala zatvor ham derivatsiya tunneliga suv qabul qilish inshootidan kelayotgan suvni berkitish va tunnelni kuzatish va ta'mirlash ishlarini bajarish uchun imkoniyat yaratib beradi.

Yuzadagi suv qabul qiluvchi inshoot suv omboridagi suv sathi pasayishi ko'zda tutilmagan yoki uning miqdori juda kichik bo'lgan hollarda barpo etiladi (1.2-rasm). Yuzadagi suv qabul qiluvchi inshootdan bosimli yoki bosimsiz tunnel boshlanadi (1.2-rasmda bosimli tunnel ko'rsatilgan).

Ko'pincha past bosimli suv inshootlari bo'g'inida yuzadagi suv qabul qilish inshooti tindirgich ostonasi bilan birlashtiriladi (1.3-rasm). GAES suv qabul qilish inshooti, xoh chuqurdagi xoh yuzadagi bo'lsin, GAES nasos rejimida ishlaganda suv bo'shatma bo'lib xizmat qiladi.

Derivatsiya tunnellari yuqori va pastkiga bo'linadi. Yuqori derivatsiya orqali suv GES va GAES gidroagregatlariga uzatiladi. GAES nasos rejimida ishlaganda yuqorigi derivatsiya suv olib ketuvchi quvur funksiyasini bajaradi. Pastki derivatsiya GES va GAES turbinada rejimida

ishlaganda suv olib ketuvchi trakt va GAES nasos rejimida ishlaganda suv olib ketuvchi quvur hisoblanadi.

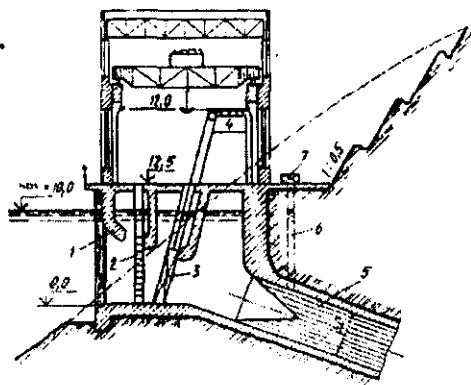
Suv qabul qilish inshooti chuqurda joylashganda (1.4,b,d-rasm) yuqorigi derivatsiya har doim bosimli rejimda ishlaydi va oxirida tenglashtiruvchi rezervuar bilan tutashadi.

Bosimsiz suv keltiruvchi tunneldan bosh bo'g'inda yuzadagi suv qabul qilish inshooti ko'zda tutilganda foydalaniladi (1.3-rasm).

GES turbinasidan suvni bosimsiz va bosimli derivatsiya tunneli yordamida olib ketiladi. Pastki derivatsiya tipini tanlash GES pastki b'efdagi suv sathining o'zgarish oralig'iga bog'liq.

Agar sathning o'zgarishi kam bo'lsa, u holda turbinadagi suv sarfini olib ketish uchun bosimsiz tunnel qo'llash maqsadga muvofiq (1.4 a, b-rasm).

Energetika suv tashimasi (1.3a,b-rasmlar) derivatsiya suv tashimalaridan farqli ravishda ancha yuqori bosimda ishlaydi. Undagi bosimning miqdori gidroagregatga yaqinlashgan sari ortib boradi. GAES uchun ushbu suv o'tkazgichlar yuqori va pastki derivatsiya uchun harakat yo'nalishini o'zgartiradigan xususiyatga ega. Katta quvvatli GES uchun ikkita yer osti energetika suv tashimalarini, yer osti mashina zali oldidan oltita tizimga ajraladigan joylashishi 1.5-rasmda ko'rsatilgan.



1.2-rasm. Yuzada suv qabul qilish inshooti:

1-to'g'rilovchi to'sin; 2-ta'mirlash zatvori va axlat ushlab qoluvchi (ol'nadigan) panjarani o'rnatish joyi; 4-avariya ta'mirlash zatvorini ko'tarish mexanizmi; 5-bosimli derivatsiya tunneli; 6-aeratsiya shaxtasi; 7-aeratsiya shaxtasiga kirish qismida himoya to'ri;

Tenglashtiruvchi rezervuar ham yuqori va ham pastki tunnellarga o'rnatiladi (1.4b,d-rasm). Ularning asosiy vazifasi bosimli derivatsiya suv o'tkazgichlarini gidravlik zarbdan himoya qilishdir. Yuqori derivatsiyadagi tenglashtiruvchi rezervuar yuqorigi va pastki-dagisi pastki deb ataladi.

Bosimli suv tashimalarda yuqorigi tenglashtiruvchi rezervuarni o'rnatish zaruriyati birinchi yaqinlashishda, GES gidroagregatiga suv keltiruvchi bosimli suv tashimani o'zgarmas inersiyasi miqdoriga qarab aniqlanadi.

Bosimli suv tashima o'zgarmas inersiyasi miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi.

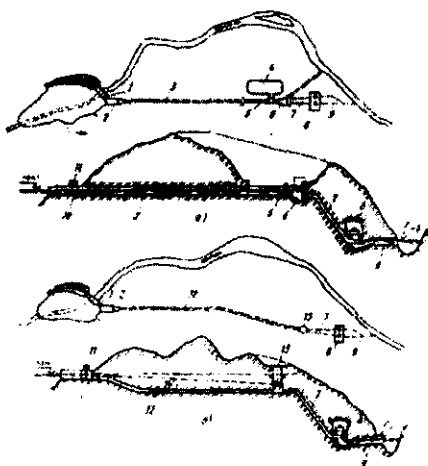
$$T_0 = \frac{Q_{\max}}{gH_0} \sum \frac{l_i}{w_i}, \quad (1.1)$$

bunda, $Q_{\max}$ — suv tashima hisobiy sarfi, m^3/s ;

H_0 — GESga ta'sir qiluvchi statik bosim, m;

l_i — suv tashimaning o'zgarmas kesimli (w_i) uchastkasi uzunligi, m;
g—erkin tushish tezlanishi;

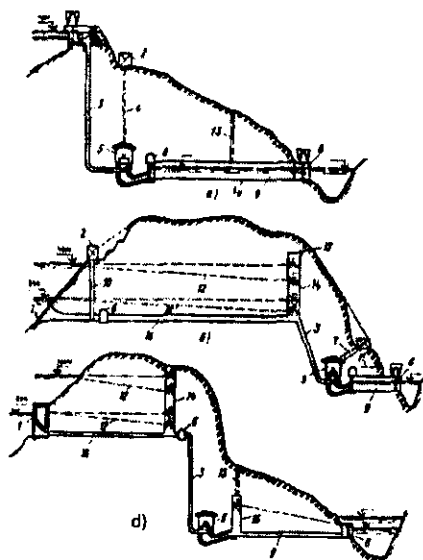
$\sum l_i$ — bosimli traktning suv qabul qiluvchi inshootidan gidroturbinagacha bo'lgan masofalar yig'indisi.



1.3-rasm. Bosh bo'g'ini past bosimli derivatsiya GESi sxemasi:
a-bosimsiz derivatsiyali; b-bosimli derivatsiyali; 1-suv oqizma to'g'on;
2- suv qabul qilish inshooti tindirgich bilan birgalikda; 3-bosimsiz
derivatsiya tunneli; 4-sutka davomida boshqariladigan hovuz; 5- sutka
davomida boshqariladigan hovuzni ulovchi kanal; 6-bosimli hovuz;

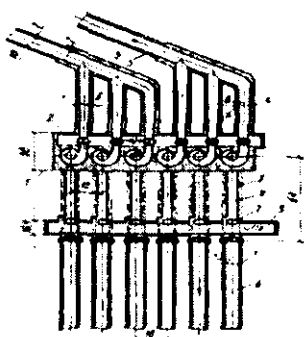
7-energetika suv tashimasi; 8-yer osti mashina zali; 9- suv olib ketuvchi bosimsiz tunnel; 10-derivatsiya tunneliga kirish qismi(portali); 11-ko'tarish mexanizmlari; 12-bosimsiz derivatsiya tunneli; 13-tenglashtiruvchi rezervuar; 14-pyezometrik chiziq.

Agar $\tau_w \leq 4c$ bo'lsa tenglashtiruvchi rezervuar qo'llamaslik mumkin, bunday holat suv keltiruvchi derivatsiya uzunligi nisbatan uncha katta bo'lmaganda yuz berishi mumkin. Tenglashtiruvchi rezervuardan voz kechish ichki suv bosimini ortishiga olib keladi va uning qiymatini oshiradi. Bosimli tizimning ishlashini har taraflama ko'rib chiqish va tenglashtiruvchi rezervuar kerakligi masalasini yechishda derivatsiyaga va tenglashtiruvchi rezervuarga sarf qilingan kapital mablag' hisobga olinadi. Bunda rezervuarning ishlashi gidroagregatni boshqarish kafolati va gidrokuchlanganlik qurilmalari qiymati bilan bog'liq ravishda olib boriladi. Bosimli suv tashima tizimida tenglashtiruvchi rezervuarni asoslash masalasi texnik-iqtisodiy masala hisoblanadi. Bosimli tizimni loyihalash amaliyotida o'zgarmas inersiya τ_w 4s dan katta bo'lganda tenglashtiruvchi rezervuardan voz kechish iqtisodiy tomondan oqlangan holatlarga misollar mavjud.



1.4-rasm. Yer osti GESlari joylashishining asosiy sxemalari:

a-bosh qismida joylashishi;
b-oxirgi qismida joylashishi;
d- orada joylashishi; 1- suv qabul qiluvchi inshoot; 2-ko'tarish mexanizmlari; 3-energetika suv tashimalari; 4-yuk va aeratsiya shaxtalari; 5-mashina zali; 6-zatvor o'rnatish joyi; 7- generatoridagi kuchlanishning chiqish joyi; 8-tunnelning chiqish qismi (portali); 9-pastki derivatsiya suv tashimasi; 10-zatvorlar shaxtasi; 11-transport tunneli; 12-pyezometrik sath; 13-aeratsiya shaxtasi; 14-yuqorigi tenglashtiruvchi rezervuar; 15-pastki tenglashtiruvchi rezervuar; 16-yuqorigi derivatsiya suv o'tkazgichi.



1.5-rasm. Energetika suv o'tkazgichlari joylashishi:

1- yer osti mashina zali; 2-diskli zatvor joylashish xonasi; 3-transformator va so'ruvchi quvur zatvorlari joylashish xonasi; 4-generator kuchlanish shinalari yo'lagi; 5-energetika suv o'tkazgichlari; 6-olib ketuvchi bosimsiz suv o'tkazgichlar; 7-transformator; 8-so'ruvchi quvurlar.

Suv olib ketuvchi tunnel chiqish qismida suv sathining o'zgarishi katta va bosimli derivatsiyani bajarishga to'g'ri kelganda, pastki tenglashtiruvchi rezervuarlar kerak bo'ladi (1.4-rasm). Bunday holatlarda suv olib ketuvchi tunnel uzunligi kalta bo'lganda (150-200m) ham tenglashtiruvchi rezervuar o'rnatiladi. Bunda pastki tenglashtiruvchi rezervuarining kerakligini baholash uchun bosimli suv tashima o'zgarmas inersiyasi mezonini qo'llab bo'lmaydi.

GES inshootlari stansiya bo'g'inini joylashtirishda yuqori va pastki tenglashtiruvchi rezervuarlarni yer ostida qurish maqsadga muvofiqdir. Yer ostidagi tenglashtiruvchi rezervuarlar yer ustidagiga nisbatan tejamli hisoblanadi. Qator hollarda tenglashtiruvchi rezervuar qurilish – yig'uv ishlari hajmini kamaytirish maqsadida uni yuqori qismidan suvni foydasiz tushirib yuborish amalga oshiriladi. Bu shu bilan oqlanadiki, GES agregatidan yukning avariya tuchirish nisbatan kam, shuning uchun rezervuarda yukning yo'qotilishi iqtisodiy tomondan o'zini oqlashi mumkin. Uzunligi 1,3 km bo'lgan bosimli suv keltiruvchi derivatsiyadagi bunday tipdagi tenglashtiruvchi rezervuar 1.6- rasmda keltirilgan.

Aeratsiya shaxtalari suv tashima suv qabul qilish inshootidan uzub qo'yilganda unga havo uzatish uchun ko'zda tutiladi. Chuqurdagi suv qabul qilish inshootida (1.1-rasm) avariya – ta'mirlash zatvori nam shaxtasi yonida aeratsiya shaxtasi joylashgan. U zatvorlar yopiq bo'lganda derivatsiya tunneliga havo yetkazib berishni ta'minlaydi. Gidroelektrostansiya ishlagan paytida aeratsiya shaxtasiga oddiy pyezometr sifatida qaraladi.

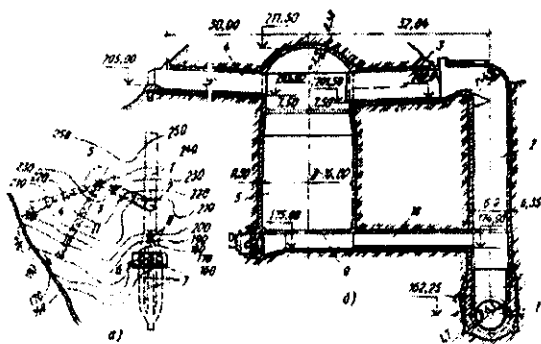
Butunlay yer ostida joylashgan tenglashtiruvchi rezervuarlar, rezervuarda suv sathi o'zgarganda undagi suv yuzasida atmosfera bosimini ushlab turish uchun, yer usti bilan tik yoki qiya aeratsiya shaxtalari orqali aloqa qilib turishi kerak (1.4b, d-rasmlar).

Katta uzunlikdagi bosimsiz derivatsiya tunnellarida suv tashima doimo bosimsiz rejimda ishlashini kafolatlanishini ta'minlash uchun aeratsiya shaxtalari o'rnatiladi (1.4 a-rasm).

Yer osti mashina zaliga katta hajmda toza havo yuborish kerak. Bu esa aeratsiya shaxtalari tizimi orqali ventilyatorlar yordamida amalga oshiriladi (1.4a-rasm).

Gidroakkumlatsiyalovchi elektrostansiyalar yer osti pastki hovuzlari GAESga kerakli bosimni hosil qilish hamda nasos – turbinadan qaytib tushayotgan suv uchun ochiqda hovuz hosil qilish imkoniyati yo'q bo'lgan hollarda quriladi.

GAES pastki yer osti hovuzi GAES energo tizimida yuqori rejimda ishlaganda sutka davomida suv hajmini to'plash uchun o'zaro birikkan bosimsiz tunnellar tizimidan iborat. Quvvati 2mln kVt, hisobiy bosimi 500 m bo'lgan yer osti GAESi 1.7-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, uni bosimli tunnellar tizimidagi pastki hovuzining foydali hajmi 6,5 mln. m³ ga yaqin.



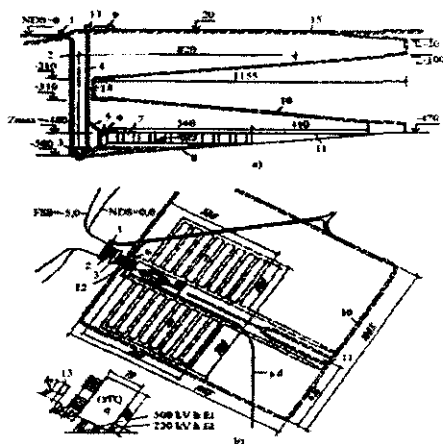
1.6-rasm. Suvni to'g'ridan-to'g'ri tushirib yuboruvchi qurilmali tenglashtiruvchi rezervuar:

a-stansiya bo'g'inini planda joylashishi; b- tenglashtiruvchi rezervuar qirgimi; 1-derivatsiya tunneli; 2- ulovchi shaxta; 3 -yuqori kamera; 4-tenglashtiruvchi rezervuardan suvni tushirib yuboruvchi tunnel; 5-tenglashtiruvchi rezervuar; 6-yer osti mashina zali; 7-suv olib ketuvchi tunnellar; 8- energetika suv tashimalari; 9- qo'shimcha gidravlik qarshilik; 10-ulovchi tunnel; 11-yer osti kirish yo'lagi.

Toshqin suvlarni tushirib yuboruvchi tunnellar gruntli va beton to'g'onli GES bosh bo'g'inlarida uchraydi va suv inshootlari bo'g'inlari orqali hisobiy sarfni o'tkazib yuborish uchun mo'ljallangan. Tarkibida

gruntli to'g'on bo'lgan GES 1.8-rasmda keltirilgan. Ushbu inshootda suv tashlama diametri 15 m bo'lgan ikkita tunneldan iborat bo'lib, u 8500m3G's sarfni 25mG's ga yaqin tezlikda tushirib yuborishga mo'ljallangan.

Qurilish tunnellari suv inshootlari bo'g'inini qurish davrida daryodagi mavjud sarfni o'tkazib yuborish uchun mo'ljallangan. Ularga faqat qurilish davrida kerak bo'ladigan vaqtinchalik inshoot sifatida qarash mumkin. Qurilish tunnelidan qurilish tugagandan so'ng toshqin suvlarini o'tkazib yuboruvchi suv tashlama sifatida foydalanish maqsadga muvofiqdir. Qurilish va foydalanish davri tunnellari suv inshootlari bo'g'inida andazaviy (tipovoy) joylashishi 1.8-rasmda ko'rsatilgan. Daryodan suvni olib ketish past belgilarda joylashgan vaqtinchalik suv olish inshooti orqali amalga oshiriladi. Suvni qurilayotgan inshootning aylanib o'tib daryoga tushirib yuboruvchi qurilish tunneli ham ushbu suv olish inshootlaridan boshlanadi.

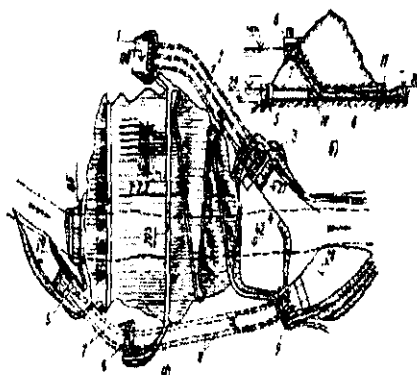


1.7-rasm. Yer osti GAESi:

- a - asosiy inshootlar bo'yicha qirgim; b - inshoot plani; 1-suv qabul qiluvchi inshoot; 2-bosimli diametri 5m(4dona) bo'lgan energetika suv tashimasi; 3 - yer osti mashina zali; 4- shamollatish va yuqori kuchlanishli simlarni olib chiqib ketuvchi shaxtalar; 5-pastki rezervuar ventilatsiya shaxtasi; 6-so'ruvchi quvur zatvorlari; 7-pastki yer osti rezervuari; 8 - mashina zaliga olib boruvchi transport tunneli; 9 - ochiqdagi tarqatuvchi qurilma (OTQ) ; 10 - kiruvchi qiya tunnel; 11 - so'ruvchi quvur zatvorlariga boruvchi tunnel; 12 - so'ruvchi qu-vurlar; 13 - ventilatorlar binosi; 14 - ventilatsiya tunneli; 15 - kirish tunneli.*

Qurilish to'liq yoki qisman tugallangandan so'ng qurilish tunnelining bir qismidan inshootdan foydalanish davridagi suv tashlama si fatida foydalaniladi.

Tunnelning tiqin bilan berkitilgan qismi qurilish davri suv qabul qilish inshooti bilan birgalikda suv ombori suvi ostida qoladi va keyinchalik foydalanilmaydi. Tunnelning foydalanish davri sarfini o'tkazadigan Ikkinchi qismi qoplamasi qurilish davridagiga nisbatan katta tezlikdagi suv oqimini o'tkazishi munosabati bilan kuchaytiriladi yoki kavitatsiyaga chidamli material bilan qoplanadi. Buning uchun tunnelni qiya qismida suv olish inshooti qurib, uning boshlanish qismi tiqin bilan bekutilib yuboriladi.



1.8-rasm. Suv inshootlari bo'g'inida yer osti GESining gruntli to'g'on bilan birgalikdagi joylashuvi:

a-suv inshootlari bo'g'inining joylashish plani; b-suv tashlama bo'yicha qirg'in; 1-GES suv qabul qilish inshooti; 2-energetika suv o'tkazgichlari; 3-GES binosi; 4-OTQ; 5-qurilish tunneli kirish qismi; 6-suv tashlash tunneli kirish qismi; 7-qurilish tunnelli; 8-qurilish va suv tashlash tunnelli; 9- qurilish va suv tashlash tunnelli chiqish qismi; 10-beton tiqin; 11-foydalanish davri tunnelining chiqish qismi.

1.2.2 Suv muhiti ta'sirida bo'lmagan yer osti inshootlari

Bunday inshootlarga birinchi navbatda yer osti qazilmasi o'lchami katta bo'lgan yer osti mashina zallari kiradi.

Yer osti mashina zallari unda asosiy gidrokuchlanganlik qurilmalari, gidroturbinalar, gidrogenerator va kuchaytiruvchi transformatorlarni, joylashtirish uchun mo'ljallangan (1.3-rasm). Transformator

mashina zalini o'zida yoki mashina zalini yaqinida joylashgan alohida yer osti transformator xonasida o'rnatilishi mumkin.

Yer osti mashina zalidan suv olib ketuvchi tunnelga tushadi va yana katta daryoga yoki pastki energetika bosqichidagi inshootga yuboriladi. Yer osti mashina zali unga energetik qurilmalarni va qurilish materiallarini uzatish, undan elektr energiyani olib chiqib ketish, mashina zali va unga tutashgan xonalar va tunnellarni shamollatish uchun yer usti bilan aloqada bo'lishi kerak. Undan tashqari avariya holati yuz berganda ishlovchi xodimlarni yer ustiga olib chiqish uchun ham tunnel va shaxtalar ko'zda tutilgan bo'lishi kerak.

Kuch transformatorlar xonasi. Kuchaytiruvchi transformatorlarni joylashtirish uchun mo'ljallangan. Imkoniyatga qarab ushbu yer osti xonalari mashina zali yaqinidagi kameralarga joylashtirilishi va kabel tunnellari yoki shaxtalari bilan bog'langan bo'lishi kerak.

Zatvor xonasi chuqurdagi suv qabul qilish inshooti, tenglashtiruvchi rezervuardan keyingi energetika suv tashimalari (quvurlari) da mashina zalidan oldin va mashina zalidan keyin so'ruvchi quvurni berkitish uchun joylashtiriladi (1.4-rasm). Ular qurilmalarni va ishlovchi xodimlarni keltirish uchun yer usti bilan bog'langan bo'lishi kerak.

1.3 GES va GAES asosiy sxemalari

Gidroelektrostansiyalarda yer osti inshootlarining joylashishi asosan suv oqimidan foydalanish sxemasiga, qurilish rayonining injenerlik-geologik va topografik sharoitiga bog'liq bo'ladi va quyidagi uchta asosiy sxemaga ega:

1.Bosh sxema. Bunda yer osti mashina zali suv qabul qilish inshootiga yaqin joylashadi va u bilan uzunligi bo'yicha GES bosimiga yaqin bo'lgan kalta energetika suv o'tkazgichi bilan bog'lanadi. Pastki derivatsiya quvuri ancha uzun bo'ladi (1.4 a - rasm).

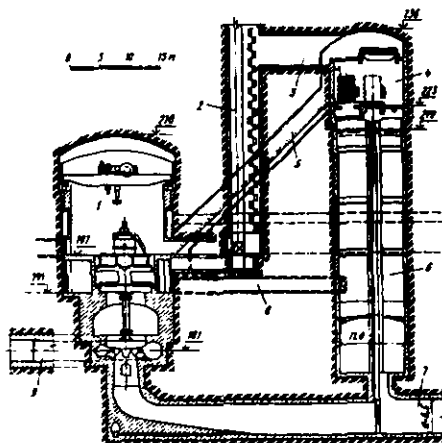
2.Oxirgi qismidagi sxema. Bunda yer osti mashina zali yuqori derivatsiya so'nggi qismida joylashadi va gidroturbunadan suv kalta tunnelli yordamida olib ketiladi (1.4, b - rasm).

3.Oraliq sxema. Bunda yer osti mashina zali suv tashima quvur trassasida suv qabul qilgich va suv olib ketuvchi tunnelli chiqish qismi (portali) oralig'ida joylashishi bilan xarakterlanadi. Bunda yuqori derivatsiya ham, pastki derivatsiya ham, ancha uzun masofaga cho'ziladi (1.4 d - rasm).

Bosh sxema mashina zalini GES bosh bo'g'iniga yaqin joylashishi bilan xarakterlanadi. Mashina zalini chuqurligi suv oqimidan foydalanishni energetik sxemasiga ko'ra belgilanadi. Suv qabul qilish inshootidan suv gidroagregatga vertikal yoki qiya joylashgan energetika suv tashima quvurlari yordamida uzatiladi. Suv tashima quvurlarni vertikal joylashishi yaxshiroq, chunki bunda narxi qimmat bo'lgan bosimli quvurning uzunligi qisqaradi, suv tashima quvurni narxi va quvur uzunligi bo'ylab bosimning yo'qolishi kamayadi. Bunday joylashtirishda energetika suv tashima quvurida mashina zalidan oldin zatvor o'rnatish zaruriyati yo'qoladi. Suv qabul qilish inshooti kirish qismida avariya - ta'mirlash yoki ta'mirlash zatvorini o'rnatish yetarli bo'ladi. Suv uzatish quvuri qisqa bo'lganda tenglashtiruvchi rezervuarlar o'rnatilmaydi.

Bosh sxema suv olib ketuvchi quvurlar katta uzunlikka ega bo'lishi bilan xarakterlanadi va undagi oqim bosimli va bosimsiz bo'lishi mumkin. Nisbatan uncha katta bo'lmagan uzunlikdagi derivatsiya so'ruvchi quvurdan keyin pastki tenglashtiruvchi rezervuar o'rnatish kerak, bu esa yer osti inshootining sxemasini qiyinlashtiradi, lekin kuchlanganlik qurilmalarini normal ekspluatatsiya holatida saqlash uchun va quvurlarda gidravlik zarbga qarshi kurashish quroli sifatida kerakli bo'ladi. Pastki tenglashtiruvchi rezervuardan uning yuqori qismida suruvchi quvurni berkitish uchun ta'mirlash shittlari va ko'targichlarni o'rnatishda foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ko'pincha tenglashtiruvchi rezervuarni kuchlanish transformatorlari bilan birlashtirib yuboriladi (1.9-rasm).

Suv sathi o'zgarishi kichik bo'lganda pastki tunnel chiqish qismida (portalida) bosimsiz derivatsiya iqtisodiy tomondan qulay hisoblanadi. Bosimsiz tunnelling normal ishlashi uchun unga havo yuborish kerak, bu esa GES agregatidagi yuk o'zgarganda uni doim bosimsiz rejimda ishlashini ta'minlaydi. Havoni yuborish tunnelning boshlanish qismida va pastki derivatsiya trassasi bo'ylab joylashgan maxsus aeratsiya shaxtalari orqali amalga oshiriladi. Mashina zali va boshqa yer osti inshootlarini yer yuzasi bilan bog'lanishi bosh sxemada vertikal yoki qiya shaxtalar va gorizontal tunnel orqali amalga oshiriladi. Ular orqali elektr energiyani olib chiqib ketish qurilmalarni uzatish va inshootning ekspluatatsiya qiluvchi xodimlarni harakati amalga oshiriladi.



1.9-rasm. Baland pastki rezervuarli yer osti GESi:

1-mashina zali; 2-kabel shaxtasi; 3- kabel galareyasi; 4- so'ruvchi quvur kuch transformatorlari va zatvorlari xonasi; 5- shina galareyasi; 6-pastki tenglashtiruvchi rezervuar; 7- suv olib ketuvchi tunnel; 8- nasos –drenaj galareyasi; 9-turbinaga suv keltiruvchi quvur.

Yer osti inshootlariga gorizontal kirish har doim vertikal kirishga nisbatan yaxshiroq, chunki GES ni qurish va undan foydalanish davrida quyidagi qator afzalliklarga ega: qurilmalarni uzatish har doimgi transport yordamida amalga oshiriladi; elektr energiyani yer ustiga uzatish osonlashadi; gorizontal tunnel qiymati shaxta va qiya tunnelga nisbatan arzonroq; gorizontal tunnel orqali tog' jinslarini tezroq olib chiqib ketish mumkin.

Lekin yer osti inshootlariga kirishning gorizontal yo'lini uzun pastki derivatsiya va ayniqsa, gidroagregatlari ko'pincha pastki byefdagi suv sathidan bir necha o'n metr chuqurlikda joylashadigan gidroakkumulatsiyalovchi elektrostansiyalarda har doim amalga oshirib bo'lmaydi.

Bosh sxemada yuqori bosimli ko'p kapital mablag' talab qiladigan suv quvurlarining uzunligini eng kam miqdorga kamaytirish mumkin. Suv olib ketuvchi quvurlar ushbu sxemada, bosimsiz yoki kam bosimli bo'ladimi, bosimning kamayishi hisobiga sezilarli darajada arzonlashadi. Masalan, yetarli darajada qattiq (mustahkam) qoya jinslardan o'tadigan bosimsiz suv olib ketuvchi tunnel qoplamasi yupqaroq bo'ladi, tunnel ho'llangan perimetrini g'adir-budirlik koeffitsiyentini kamaytirish uchun

uning yuzasini tekislash ishlarini uning butun konturi bo'ylab amalga oshirilmaydi.

Oxirgi qismida joylashish sxemasi. Bunday sxema uchun katta uzunlikdagi yuqori derivatsiya quvuri xarakterli hisoblanadi. U energetika quvuri boshlanadigan oraliq inshoot (tenglashtiruvchi rezervuar yoki bosimli hovuz) bilan tugaydi. Mashina zali yer yuzasiga yoki pastki suv omboriga yaqinroq joylashadi va u bilan kalta tunnel orqali ulanadi. Ushbu joylashuvda yer usti bilan bog'lanish ancha osonlashadi. Ushbu aloqa kalta tunnel va shaxta orqali amalga oshirilishi mumkin, bu esa qurilish va foydalanish davrida qulay va tejimli hisoblanadi.

Ushbu sxemada yuqoridagi derivatsiya bosimli va bosimsiz bo'lishi mumkin. Bosimli derivatsiyadan qachonki daryo oqimini boshqarish natijasida suv omboridagi suv sathi o'zgarishi yuqori bo'lganda foydalanishga to'g'ri keladi. Suv qabul qilish inshooti foydasiz suv sathidan pastda joylashtiriladi, u holda tunnel hisobiy bosimga suv omborini hamma o'zgarish chuqurligi kiradi. Suv ombori sathi normal dimlovchi sathdan 80-100 m pastgacha o'zgargan va suv qabul qilish inshooti NDS dan 100m va undan ko'proq pastga joylashganiga misollar mavjud. Qoidaga ko'ra bosimli derivatsiya so'ngida yuqori tenglashtiruvchi rezervuar joylashtiriladi. GES suv sathi miqdori yuqori bo'lgan tig'iz grafikda ishlaganda, sutka davomida GES quvvatini o'zgarishi sutkalik boshqaruvni sarfni vaqt davomida keskin o'zgarishi orqali olib borishiga olib keladi. Bosimli tunnel bo'lgan har qanday uzunlikdagi oxirgi sxemada GES ni sutka davomida boshqarish hech qanday qiyinchiliksiz amalga oshiriladi. Gidroturbinada sarfni tez o'zgarishiga pyezometrik chiziq nishabligini o'zgarishi hisobiga erishiladi. Bunda hech qanday qo'shimcha inshootlar qurish talab etilmaydi. GES ga o'tish jarayonlarida bosimli tunnel trassasi kesimda tunnel har doim bosimli rejimda ishlaydigan qilib joylashtiriladi.

Agar suv omboridagi suv sathi o'zgarishi kam bo'lganda (2-3m) yuqoridagi derivatsiyani bosimsiz qilish mumkin. Bosimsiz derivatsiya so'ngida bosimli hovuz quriladi. GESda sutkali boshqarish amalga oshirish uchun maxsus inshoot- sutkalik boshqaruv hovuzini qurish kerak bo'ladi. Ushbu hovuz bosimli hovuzga iloji boricha yaqinroq joylashtiriladi (1.3 a-rasm). Ushbu hovuz sig'imi o'nlab million kub bo'lishi mumkin va uni qurish, ayniqsa, noqulay topografik sharoitlardagi tog'li rayonlarda katta kapital mablag' talab qiladi. Shuning uchun suv ombori sathini o'zgarishi uncha katta bo'lmagan hollarda

ham bosh bo'g'inda uncha katta bo'lmagan bosimli yuqori derivatsiyaga o'tish maqsadga muvofiqdir (1.3 b-rasm).

Pastki suv o'tkazuvchi quvurni iloji boricha bosimsiz qilish kerak. Daryodagi suv sathi o'zgarishi katta bo'lganda, pastki tenglashtiruvchi rezervuaridan voz kechish uchun qisqa uzunlikdagi suv quvurini loyihalashga harakat qilish kerak.

Oraliq sxema. Ancha uzun bo'lgan yuqori va quyi derivatsiya quvurlarini o'z ichiga oladi va shuning uchun, agar ular bosimli bo'lsa, yuqorigi hamda pastki tenglashtiruvchi rezervuarlarni qurish kerak bo'ladi. Ushbu sxemada bosimli va bosimsiz quvurlarni har xil aralashmasi bo'lishi mumkin. Bunda barchasi yuqori va pastki byefdagi suv sathi o'zgarish oraliq'iga hamda inshoot joylashish rayoni injenerlik – geologik sharoitiga bog'liq bo'ladi. Masalan, bosimli suv keltiruvchi derivatsiya va bosimsiz suv olib ketuvchi va aksincha bo'lishi mumkin. Kam hollarda ikkita quvur – suv olib keluvchi va olib ketuvchi – ham bosimsiz rejimda ishlovchi oraliq sxema ham uchrab turadi.

Oraliq sxemada energetika suv o'tkazish quvurlari va mashina zali, xuddi bosh va oxirgi joylashuvdagi sxema kabi loyihalanadi.

Bosh sxemaga nisbatan oraliq sxema mashina zali suv omboridan uzoqda joylashgani tufayli suv omboridan filtratsiya oqimi GES stansiya bo'g'iniga ta'sirini sezilarli darajada kamaytiradi.

GES va GAES yer osti inshootlari joylashish sxemasini tanlash asosan uchta faktorga bog'liq: gidroelektrik qurilmadagi bosimga, qurilish rayonini injenerlik geologik va topografik sharoitiga. Uncha katta bo'lmagan va o'rtacha bosimda va yetarli ishonchli qoya jinslarda bosh sxema ikkita boshqa sxema oldida (oraliqdagi va oxirgi) afzalroq hisoblanadi, chunki unda ancha qimmat energetika suv o'tkazgich quvurlarni uzunligini kam miqdorga keltirish mumkin. Vertikal suv o'tkazish quvurlaridan voz kechib qiya quvurlarga o'tishga majbur qiladigan omillardan biri mashina zali bilan yer usti o'rtasida bog'lanishni o'rnatishni qulayligidir. Bosh sxemada mashina zalidan suv olib ketuvchi quvur past bosimli yoki bosimsiz tunnellardan foydalanish hisobiga arzonlashadi. Bosimni oshishi (400m va katta) natijasida bosh joylashuv sxemasi mashina zali joylashish chuqurligi va zaldan yer ustigacha bo'lgan kommunikatsiyalar uzunligi ortishi natijasida ancha qiyinlashadi. Bunday hollarda oraliq joylashish sxemasiga o'tish kerak bo'ladi. Bosh joylashish sxemasida (mashina zali nisbatan uncha katta bo'lmagan chuqurlikda joylashganda) injenerlik-geologik sharoit yer

osti inshootlarini joylashtirish uchun noqulay bo'lgan hollarda ham oraliq sxemaga o'tishga to'g'ri keladi.

Oxirgi sxemada mashina zali yer yuzasiga yaqinlashish natijasida qurilish va ekspluatatsiya tunneli va shaxtalari qisqaradi va qurilish yig'uv ishlarini bajarish osonlashadi. Kuchlantiruvchi transformatorlarni qoidaga ko'ra yer ostida ochiq yoki yopiq taqsimlovchi qurilmada joylashtirishga erishiladi. Hidroagregatdan energiyani transformatorga uzatish masofasi sezilarli darajada qisqaradi. Shu bilan birga oxirda joylashgan sxemada yuqori hovuz yoki yuqori tenglashtiruvchi rezervuar yoki sutka davomida boshqariladigan bosimli hovuz kabi qo'shimcha inshootlarni qurishni talab qiladigan bosimli yoki bosimsiz nisbatan uzun yuqori derivatsiya hosil qilinadi. Ushbu inshootlar majmuasi oxirda joylashgan sxema qiymatini oshiradi.

Yer osti inshootlarining joylashishi oxirgi sxemasi qator variantlarni qurish muddati va GES(GAES) birinchi navbatini ishga tushirish vaqtini hisobga olib texnik - iqtisodiy taqqoslash asosida tanlab olinadi.

1.4 Inshootlar sinfi

Yer osti gidrotexnika inshootlari mustahkamligini ta'minlash uchun ularni asosiy, Ikkinchi darajali va vaqtinchalik inshootlarga bo'linadi. Asosiy inshootlarga suv inshootlari bo'g'inidan foydalanish davrida doimo suv sarfini o'tkazadigan inshootlar kiradi. Ikkinchi darajaliga sarfni suv omborini bo'shatish va h.k. bog'liq ravishda vaqti-vaqti bilan o'tkazib yuboriladigan inshootlar kiradi. Vaqtinchalikka qurilish davrida yoki asosiy gidrotexnika inshootini ta'mirlash davrida kerak bo'ladigan inshootlar kiradi. Asosiy va ikkinchi darajali inshootlar to'rtta sinfga ajratiladi. Ularni sinfga ajratish inshootning xalq xo'jaligidagi ahamiyati, GES quvvati va avariya yuz berganda xalq xo'jaligiga keltiradigan zararli oqibatlariga ko'ra belgilanadi.

O'rnatilgan quvvati 1,5 mln kVt va undan yuqori bo'lgan gidroelektrostansiyalar va gidroakkumulatsiyalovchi elektrostansiyalar I sinfga kiritiladi; II,III, IV sinfga quvvati 1,5 mln KVt dan kichik bo'lgan elektr stansiyalar kiritiladi.

Agar inshootlar majmuasini asosan I sinfga kiritilishi mumkin bo'lsa(masalan, quvvati 620.5 ming kVt bo'lgan Chorvoq GESi), u holda ushbu majmuadagi doimiy va vaqtinchalik alohida inshootlar har xil sinfga ega bo'ladi. Birinchi sinfli yirik yer osti GESida

asosiy(domiy) inshootlar – suv qabul qilgich, suv keltiruvchi tunnellar, turbinaga suv keltiruvchi quvur, mashina zali, kuchaytiruvchi transformator binosi I sinfga kiradi. Suv olib ketuvchi tunnellar, kabel o'tkazish tunnellari, yer osti inshootini shamollatish shaxtalari va boshqa bir qator inshootlar II sinfga kiritilishi mumkin.

Qurilish va yordamchi tunnel kabi Ikkinchi darajali (vaqtinchalik) inshootlar IV sinfga kiritiladi.

Masalan, quvvati 1,3 mln kVt bo'lgan Inguriya GESi amaldagi darajasi bo'yicha II sinfga kiradi, lekin undagi inshootlarni yirikligini (balandligi 260m bo'lgan arkasimon to'g'on, uzunligi 15km bo'lgan derivatsiya tunneli va b.) GESni energetikadagi alohida o'rmini hisobga olib GESni I sinfga kiritish kerak.

Qurilish davridagi sarfni o'tkazib yuboruvchi tunnellar IV sinfga kiradi. Agar suv inshootlari barpo etilgandan so'ng qurilish tunnelining bir qismidan foydalanish davridagi sarfni o'tkazib yuborish uchun foydalanilsa, u holda yetarli asoslab berilganda ushbu tunnel sinfi oshirilishi mumkin.

Inshoot sinfi inshootning mustahkamligi va turg'unligini hisoblashda zaxira koeffitsiyenti miqdorini va suv inshootidan o'tkazib yuboradigan sarf ta'minlanganlik foizini belgilashda kerak bo'ladi. Inshootning sinfiga ko'ra undagi loyiha-qidiruv va ilmiy tadqiqot ishlari hajmi ham aniqlanadi.

II bob. YER OSTI INSHOOTLARINI SHAKLI, KO'NDALANG KESIMI O'LCHAMLARI VA TRASSASI

2.1 Hidrotexnika tunnellarining ko'ndalang kesimi shakllari

Gidrotexnika tunnellari gidravlik ishlash sharoitiga ko'ra bosimli va bosimsiz bo'lishi mumkin. Bosimli tunnel ko'ndalang kesimi butunlay suvga to'lgan va undagi suv bosimi atmosfera bosimidan yuqori bo'ladi. Bosimsiz tunnel kesimi to'la suvga to'lmagan holda ishlaydi va uni erkin yuzasidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

Tunnel bosh inshooti yoki chiqish portalida suv sathini o'zgarishi kichik bo'lgan hollarda bosimsiz tunnel qo'llaniladi. Bosimli tunnel ko'ndalang kesim shakli tunnel o'tish yo'li injenerlik-geologik sharoitiga va uni qazish ishlarini bajarish usuliga bog'liq. Asosan bosimsiz tunnelning to'rt xil shakli qo'llaniladi (2.1-rasm).

I to'g'ri burchakli qiya gumbazli kam tog' bosimli mustahkam qoya jinslardan o'tuvchi tunnel uchun mustahkamlik koeffitsiyenti $M.Prodoyakonov$ bo'yicha $f_{kr} > 8$ bo'lganda;

II tog'orasimon yarim doira shaklidagi gumbazli uncha katta bo'lmagan tog' bosimida va yon tog' bosimi bo'lmaganda, bunday shakldagi tunnel uchun qoya jins mustahkamlik koeffitsiyenti $8 > f_{kr} > 4$ oralig'ida bo'ladi.

III quticha shaklidagi kengaytirilgan tubli gumbaz radiusi kichik va egri chiziqli devorli, bunday shakldagi tunnel katta vertikal va uncha katta bo'lmagan yon tog' bosimida mustahkamlik koeffitsiyenti $4 > f_{kr} > 2$ bo'lgan hollarda qo'llaniladi;

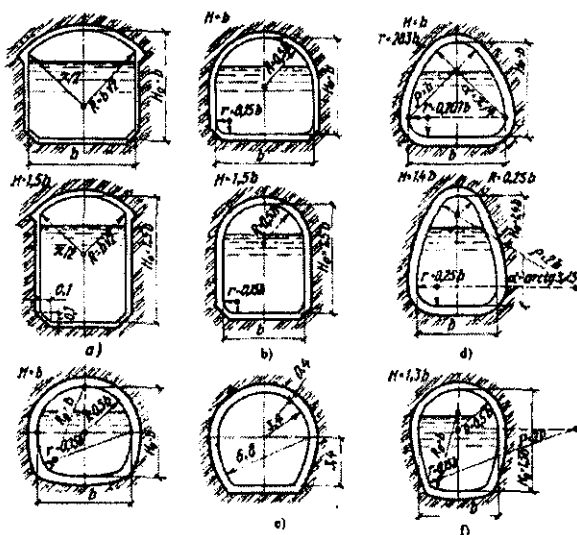
IV taqasimon vertikal va gorizontal tog' bosimi miqdori katta bo'lganda hamda jins bosimi pastdan bo'lganda, tunnelni bunday shakldagi kesimi mustahkamlik koeffitsiyenti $f_{kr} < 2$ bo'lgan kuchsiz jinslarda qo'llaniladi.

Tunnelni III va IV shakldagi kesimi bitta markazdan quriladi (2.1-rasm). Tunnelni barcha to'rtta shakldagi ko'ndalang kesimi uchun tunnel balandligi, uni kengligi B ga nisbati ko'pincha $H=(1,0+1,5)V$ oralig'ida yotadi.

Yetarli texnik-iqtisodiy asoslanganda bosimli tunnelni ushbu shakldagi kesimlariga o'zgartirish kiritish mumkin.

Tunnelni III va IV shakli qurilish ishlarini bajarish uchun noqulay, sarf-xarajatlarni ortishiga olib keladi va shuning uchun nisbatan kam qo'llaniladi.

Yer osti suvlari bosimi yuqori bo'lgan va uni miqdorini drenajlar yordamida ham kamaytirish mumkin bo'lmagan holat bilan xarakterlanadigan murakkab injenerlik-geologik sharoitda yoki tunnel vertikal o'qiga ta'sir qilayotgan tog' bosimi simmetrik bo'lmaganda bosimsiz tunnelning aylana shaklidagi kesimidan foydalanish mumkin.



2.1-rasm. Bosimsiz tunnelling ko'ndalang kesimini a'ndazaviy shakli: a-to'g'ri burchakli qiya gumbazli; b-tog'arasimon yarim doira shakldagi gumbazli; d-quticha shakldagi tubi kengaytirilgan; e-taqasimon; f-aylana shakldagi tubi kengaytirilgan (bosimli tunnellar uchun).

Bosimsiz tunnelni loyihalashda va undan turg'un rejimda 10 mG's tezlikda hisobiy sarfni o'tkazishda suv sathi ustida tunnel balandligini 7% kam bo'lmagan miqdorda va 40sm dan kam bo'lmagan balandlikda havo bo'shlig'i ko'zda tutilishi kerak. Tunnelda havo bo'shlig'ini hosil qilish uni doimo bosimsiz rejimda ishlashini taminlash uchun zarur. GES va GAES quvvatini sutka davomida boshqarilishi natijasida tunneldagi suv yuzasida hosil bo'ladigan to'lqin jarayonlari tunnel

trassasining ayrim uchastkalarida qisqa muddatli murakkab vaziyatni yuzaga keltiradi. Bu esa tunnel qoplamasiga qo'shimcha ta'sir hosil bo'lishiga olib keladi. Bosimsiz tunnellar bunday bosimga hisoblanmagan bo'ladi.

Bekordan-bekorga sarflarni tushirib yuborish uchun mo'ljallangan bosimsiz tunnellarda 10smG's dan katta tezlikdagi suv sarfini tashlab yuborilayotganda, tunnel ustidagi havo bo'shlig'i balandligi laboratoriya tadqiqotlari natijasida asoslanadi, chunki yuqori jo'shqinlikdagi oqim yuzasida uning miqdorini nazariy tomondan bashorat qilish qiyin bo'lgan aeratsiya va to'liq jarayonlari yuz beradi.

Bosimli tunnellar ko'proq aylana shaklida bo'ladi, chunki statik nuqtayi nazardan ichki bosim ta'sirida tunnelning bunday shakli eng tejimli bo'ladi.

Qurilish ishlarini bajarishni qulay qilish maqsadida yaxshi qoya jinslarida aylanma shakldagi tunnelni pastki qismini to'g'ri chiziqli qilib o'zgartirish mumkin (2.1, f-rasm). Bosimli tunnelni bunday shaklida qoya va beton ishlari hajmi bir necha bor oshsada, unda transport harakatini tashkil qilish yaxshilanadi. Bosimli tunnelni aylana shaklidan ko'proq shetga chiqish iqtisodiy tomondan asoslashni talab qiladi.

Tunnel kesimining eng kichik o'lchami texnika xavfsizligi va unda qurilish jihozlari va kommunikatsiyalarni joylashtirish sharoitiga ko'ra 4 m² dan kichik bo'lmasligi kerak. Tunnelning maksimal kesimi 400 m² va undan ko'proqqacha yetishi mumkin.

GES va GAESga suv keltiruvchi va olib ketuvchi gidrotexnika tunneli o'lchami texnik iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanadi. Bunda tunnel kesim yuzasi maydoni yoki diametrini bitta miqdori emas, iqtisodiy tomondan o'zini oqlagan o'lchamlarini bir necha oraliq'i ko'riladi.

2.2.GES va GAES yer osti mashina zali shakli va o'lchamlari

Yer osti mashina zali o'lchamlari asosan asosiy energetik va gidromexanik qurilmalar (gidroturbinalar, gidrogeneratorlar, kuch transformatorlari va suv keltiruvchi quvurlar zatvorlari) o'lchamlariga qarab aniqlanadi. Mashina zali o'lchamlariga yer osti inshooti joylashish rayonini injenerlik-geologik sharoiti ko'proq ta'sir ko'rsatadi. Ular ko'pincha butun yer osti majmuasini joylashishida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Kuchsiz jinslarda yer osti qazilmalarini katta oraliqda bajarish maqsadga muvofiq emas, bu esa o'z navbatida asosiy energetika

qurilmalari o'Ichamlari va quvvatiga ta'sir ko'rsatadi va GESni belgilangan quvvatida agregatlar sonini oshirishga olib keladi.

Yer osti mashina zali o'Ichamlari stansiya bo'g'inida kuch transformatorlari va turbina quvurlari zatvori joylashishi bilan bevosita aloqada bo'ladi.

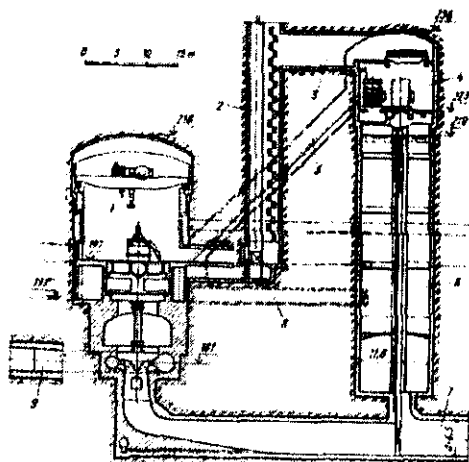
Mashina zallarini ikkita asosiy guruhga ajratish mumkin: I guruhga mashina zalida faqat gidroagregatni joylashishini o'z ichiga olgan kompanovka kiradi. Bunda kuch transformatorlari yer ustiga chiqarilgan yoki yer ostida joylashgan. Energetika suv o'tkazish quvurlaridagi zatvorlar alohida yer osti binosida joylashgan yoki katta suv keltiruvchi quvurlarda suv qabul qiluvchi inshoot bilan birlashtirilgan.

II guruhda kuch transformatorlarini yoki suv keltiruvchi quvurlardagi zatvorlarni mashina zaliga joylashtirishni ko'zda tutadi. Ushbu guruhga mashina zaliga kuch transformatorlari va zatvorlarni alohida joylashtiruvchi sxema ham kiradi. Kuch transformatorlarini yer ostiga joylashtirish mashina zalini yer ustidan pastda joylashish masofasiga bog'liq. Transformatorlar yer ustiga joylashganda va mashina zali ochiqdagi taqsimlovchi qurilmadan yuzlab metr uzoq masofada joylashganda, generatordan elektr energiyani transformatorga uzatish tejimli hisoblanmaydi, chunki bu katta miqdordagi elektr energiyani yo'qolishiga olib keladi.

Bunday hollarda yer ostida katta miqdordagi, ba'zan GES mashina zali o'Ichamiga yaqin qazilma ishlarini bajarish kerak bo'lishiga qaramasdan transformatorni yer ostiga joylashtirishga harakat qilinadi.

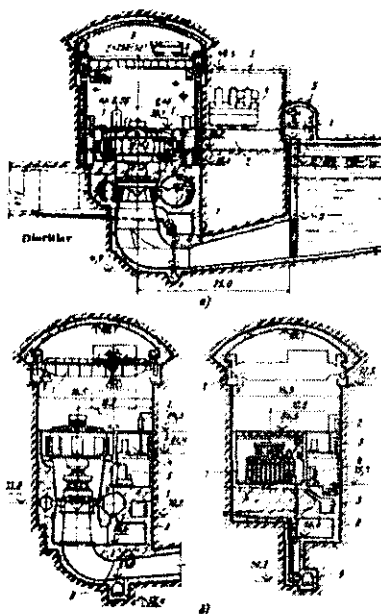
Bosimli suv olib ketuvchi derivatsiyali joylashishda va mashina zalidan keyin pastki tenglashtiruvchi rezervuar o'rnatilganda, uning yuqori qismidan transformatorlar va so'ruvchi quvur zatvorlarini joylashtirish uchun foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi (2.2-rasm). Bunday joylashuv energetik qurilmalari va zatvorlar uchun maxsus yer osti qazilmalarini qurmaslik imkoniyatini yaratadi. Bunday ma'lum noqulayliklardan biri transformatorlarning juda yuqori joylashganligi hisoblanadi. Bunday joylashish GES agregatida nagruzka tashlab yuborilganda tenglashtiruvchi rezervuarda suv sathi maksimal ko'tarilishi bilan bog'liq (otm. 219 m).

Yer osti mashina zallarini Ikkinchi guruhga transformator va energetika suv o'tkazish quvuri zatvorlarini mashina zalida joylashtiruvchi sxemalar kiradi.



2.2-rasm. Baland pastki hovuzli yer osti GESi:
 1-mashina zali; 2-kabel shaxtasi; 3-kabel galereyasi (yo'lagi);
 4-kuch transformatorlari va so'ruvchi quvur zatvorlari xonasi; 5-rezina galereyasi; 6-pastki tenglashtiruvchi rezervuar; 7-suv olib ketuvchi tunnel; 8-nasos – drenaj galereyasi; 9-turbinaga suv o'tkazuvchi quvur.

2.3-rasm. Mashina zallari:
 a-Zeysk GESi: 1-boshqaruv shiti; 2-generatordan chiqish va kabel xonasi; 3-transformator xonasi; 4-transformator; 5-so'ruvchi quvur zatvori galereyasi; 6-transformator dan yog' to'ldirilgan kabellar yordamida energiya olib chiqib ketish yo'li; 7-so'ruvchi quvur va turbina kamerasini quritish uchun nasos xonasi; 8-osma shift. b-Supiti GESi: 1-maksimal qurilmali ko'priksimon yuk ko'targich; 2-boshqaruv shittlari; 3-kabel yo'lagi; 4-elektrik qurilmalar xonasi; 5-bosimli moy qurilmasi; 6-boshqaruv kolonnasi; 7-kuchlanish transformatori; 8-nasos xonasi; 9-drenaj xonasi.



Mashina zali kengligini kamaytirish maqsadida qator hollarda kuchaytiruvchi transformatorlar mashina zaliga tutashgan qoya jinsli massi vda qazilgan joyga o'rnatilishi mumkin (2.3, a-rasm). Zaruriyat

tug'ilgan hollarda transformatorni asosiy kran yordamida mashina zali-
ga va yig'uv maydonchasiga ko'chirib turish mumkin.

Supiti yer osti GESda (Gvineya) mashina zali kengligini
qisqartirish masalasi o'ziga xos holda bajarilgan. Transformatorlar
mashina zali poli tubiga generatorlar orasiga joylashtirilgan. Ushbu
holatda mashina zali uzaytiriladi, lekin uning kengligi faqat gidroturbina
va generatorga qarab aniqlanadi.

Yarim yer osti mashina zallari yer ustidan yer ostidagi
gidroelektrostansiyagacha bo'lgan o'zgaruvchan tipdagi inshoot
hisoblanadi. Mashina zali qoya jinslarda xandaq ko'rinishida bajariladi.
Xandaq ustki qismi temir-beton gumbaz bilan berkitilib, ustidan tosh
tashlanadi (2.4,a-rasm) yoki metall ferma yordamida berkitiladi (2.4,b-
rasm). Mashina zalini xandaqqa joylashtirish qoya toshni yuk ko'tarish
qobiliyatidan unga energetik va kran qurilmalaridan uzatilayotgan
yuklarni ko'tarish uchun foydalanish imkoniyatini yaratadi va mashina
zalini qurish uchun sarf qilinadigan temir-beton hajmini kamaytiradi.
Yarim ochiq mashina zallarida qurilish-montaj ishlarini bajarish yengil-
lashadi va transformator kommunikatsiyalari qisqaradi. Energetik quril-
malarni yig'ish va buzish ishlari ichki ko'priksimon yoki portalli kran
yordamida bajarilishi mumkin.

Alohida hollarda xandaq temir-beton plita bilan berkitilgan va
ushbu yopma salt suv tashlamasi bilan birlashtirilgan yarim yer ostida
joylashgan yer osti mashina zali sxemasi o'zini oqlamoqda (2.4, d-
rasm).

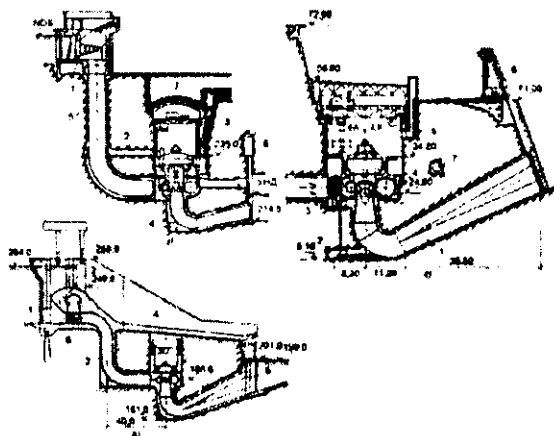
GESni suv tashlama bilan birlashtirilgan har qanday joylashuvi
beton inshoot frontini qisqartiradi va qurilish – montaj ishlari hajmini
kamaytirish imkoniyatini yaratadi.

Oxirgi paytlarda qurilgan eng katta GES va GAESlar mashina zal-
lari ko'ndalang kesimi o'lchami katta bo'lib, kengligi 33,5 m gacha
(GAES Valdek II) va balandligi 61,0 m gacha (GAES Tumut III) yetadi.

Har bir gidroagregat gidroturbina bloki deb ataluvchi yer osti
qazilmasida joylashadi. U uchta o'lchami bilan xarakterlanadi : kengligi
 V , balandligi h va uzunligi l (2.5, a,b-rasm). Blok uzunligi l
gidroagregatlar o'qlari orasidagi masofaga to'g'ri keladi. Har qanday
GES (GAES) shu jumladan yer ostidagi barcha gidroagregatlar bir xil
quvvatga ega. Shuning uchun energetik qurilmani joylashtirish uchun
yer osti qazima uzunligi turbina bloklari soni bilan unga yig'uv
maydoni uzunligi l_{mp} qo'shib aniqlanadi.

Turbina blokini o'ldamlarini aniqlab stansiya bo'g'ini barcha yer osti xonalarini joylashtirishni, shu jumladan GES turbinasiga suv keltiruvchi va olib ketuvchi quvurlarni ham bajarish mumkin.

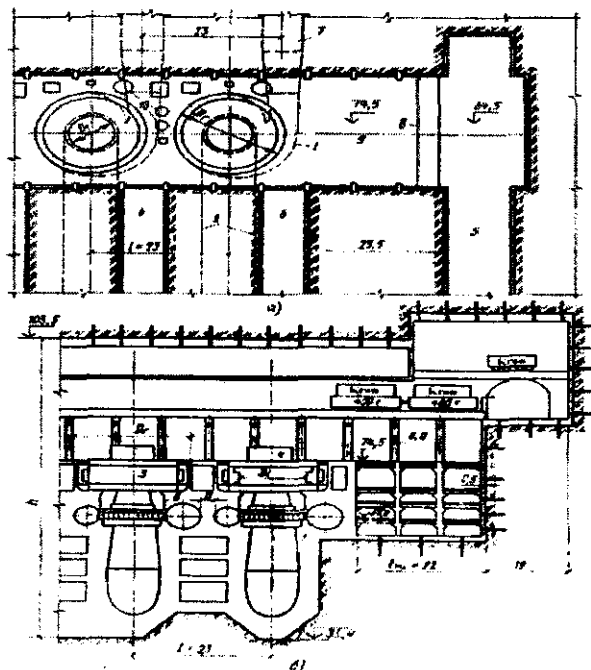
Turbina bloki o'ldamlari gidroturbina gabariti(ishchi g'ildiragi diametri), uni suv oqadigan qismi(turbina kamerasi va so'ruvchi quvuri) va gidrogenerator o'ldamlari (rotor, stator va sovutish qopqog'i diametrini o'z ichiga olgan generator ichki diametri asosida aniqlanadi. Yer osti mashina zalida faqat gidroagregat joylashgan (transformatorlar va energetika suv o'tkazish quvuri zatvorlari alohida yer osti qurilmasiga o'rnatilgan yoki yer ustiga chiqarilgan) holat uchun turbina blokini o'ldamlarini ishchi g'ildirak diametri $D_t=7,54\text{m}$ bo'lgan holat uchun ko'rib chiqamiz. Mashina zali kengligi (2.5, a-rasm) asosan $D_r=18\text{ m}$ bo'lgan generator diametriga qarab aniqlanadi.



2.4-rasm. Yarim yer osti GESi:

a-Storfinforsen GESi: 1-segmentli zatvor; 2-turbina quvuri zali; 3-generatordagi kuchlanishlarni olib ketish kabellari shaxtasi; 4-drenaj galereyasi; 5-turbinaga suv o'tkazuvchi quvur; 6-so'ruvchi quvur zatvori xonasi; 7-tosh bilan to'ldirish; b-Vilyuy GESi: 1-so'ruvchi quvur; 2-na-sos xonasi; 3-diskli zatvor; 4-kabel yo'lagi; 5-transformator ventilat-siyasi shaxtasi; 6-so'ruvchi quvurga xizmat qiluvchi kran; 7-drenaj galereyasi; v-mashina zali tomonidan o'tuvchi suv tashlamali yarim yer osti GESi: 1-chuqurda joylashgan suv qabul qilgich; 2-suv tashlama shiti; 3-turbinaga suv o'tkazuvchi quvur; 4-suv tashlama plitasi; 5-so'ruvchi quvur ta'mirlash zatvori pazi; 6-suv qabul qilgich avariya – ta'mirlash zatvori.

Mashina zalida gidroagregat yordamchi qurilmalari – bosimli moy qurilmasi, boshqaruv kolonkasi va b., joylashtirilishi kerak hamda mayda qurilmalarni tashish va xizmatchilar uchun o'tish yo'li ko'zda tutilgan, shuning uchun mashina zali kengligi ko'rilayotgan ushbu GES uchun 26,2m qilib aniqlangan, yer osti qazilmasini umumiy kengligi bitta turbina bloki uchun – 32,7m.



2.5-rasm. Yer osti GESi energetika qurilmalarining joylashishi:
a-plan; b-agregat o'qi bo'ylab qirgimi: 1-turbina kamerasi; 2-so'ruvchi quvur konturi; 3-gidrogenerator; 4-qo'zg'otgich; 5-mashina zaliga kirish tunneli; 6-generatordagi kuchlanishlarni olib chiqib ketuvchi tunnel; 7-energetika suv o'tkazish quvuri; 8-turbina shaxtasi; 9-yig'uv maydoni; 10-qo'shimcha qurilmalar.

Mashina zali balandligi gidroagregatni eng baland elementiga (Ko'pincha generator rotori val bilan birga) ko'ra uni yuk ko'targich yordamida boshqa ishlayotgan agregatlar ustidan ko'tarib yig'uv maydonchasiga keltirishni hisobga olib belgilanadi. Ko'priksimon yuk ko'targich o'lchamlarini va uni tayanch elementlarini hisobga olib uni

tayanch mashina zalini arkasimon yopma tubigacha bo'lgan balandligi 16,8 m qilib belgilangan. Mashina zali tubidagi yer osti qazilmasini to'liq balandligi arka tubidagi xizmat xonasini hisobga olganda 29 m ni tashkil etadi. Vertikal agregatlar turbina ishchi g'ildiragi va generator rotoriga ega bo'lib, turbina shaxtasi orqali o'tadigan umumiy valga mustahkam qilib o'rnatiladi (2.5,a-rasm). Turbina shaxtasi balandligi turbina qopqog'ida ta'mirlash ishlarini bajarishni va shaxtaga uncha katta bo'lmagan ko'tarish mexanizmini joylashtirishni hisobga olib belgilanadi. Turbina shaxtasining minimal balandligi 2,5-3,5m oraliqda yetarli bo'ladi. Gidroagregatning poldan turbina o'qigacha bo'lgan umumiy balandligi(qo'zg'atuvchisiz) 15,5m ni tashkil qiladi.

Yer osti GES so'ruvchi quvurlari yer usti GESlariga nisbatan katta o'lchamga ega. Bu esa yer osti xonalari orasida qoya jins butun qismi o'lchamlarini kerakli holatda ta'minlash uchun yer osti qazilmalarining umumiy joylashishi bilan asoslanadi. Yer osti GESlari uchun so'ruvchi quvurni chegaraviy uzunligi $7D_t$ ga yaqin(bunda D_t - turbina ishchi g'ildiragi diametri), balandligi esa (4,0-5,0) D_t ni tashkil etadi. 2.5-rasmdagi GES uchun so'ruvchi quvur balandligi 25,6 m yoki 3,8 D_t ni tashkil qiladi. Shunday qilib, turbina bloki uchun yer osti qazilmasining umumiy balandligi 70.7 m ga teng. Turbina bloki uzunligi (gidroagregat o'qlari orasidagi masofa) asosan turbina spiral kamerasini beton massivda va gidrogenerator mashina zalida joylashishiga qarab aniqlanadi. Ikkita yonma-yon blokda qo'shni kesimdagi spirallar orasidagi masofa aq2-3 m dan kam bo'lmasligi kerak (2.5,b-rasm). Generator sovutgichi qoplamasi orasida ham taxminan xuddi shunday masofa saqlanadi. Ushbu talablarni hisobga olib turbina bloki uzunligi 2.5-rasmda 23,0 m qilib belgilangan.

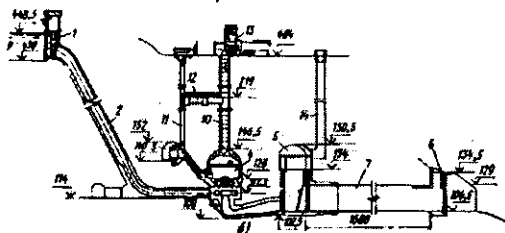
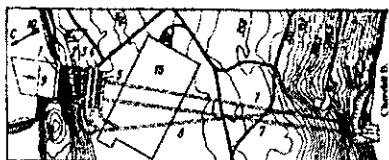
Yer osti GESlarida qoidaga ko'ra bosim 80 m dan katta bo'lgan va betonga 345...3550 burchak ostida o'rnatilgan metall turbina kamerali radial o'qli turbinalar qo'llaniladi. Planda bunday kameralarning o'lchamlari haroratga bog'liq holda (4,0-2,8) D_t oralig'ida o'zgaradi va asosan turbina bloki uzunligini aniqlaydi.

Loyihalangan va qurilgan qator yer osti GES larini umumlashtirish asosida turbina bloki uzunligini aniqlash uchun quyidagi taxminiy formulani tavsiya qilish mumkin: $l = 9,0 + (D_t - 1,8) 4,1m$.

Ko'rilgan misolda bitta turbina blokini yer osti qazilmasi quyidagi o'lchamlarga ega: kengligi 32.7m, balandligi 70.1 m, uzunliga 23.0 m .

Yer osti GES yig'uv maydonchasi mashina zali yonida yoki pol sathi bilan bir xilda agregatlar orasining o'rtasida joylashadi. Yig'uv

maydonchasiga yer ustidan keltiriladigan yuklar gorizontaal yoki qiya tunnel (bremsberg) orqali yoki vertikal shaxta yordamida keltiriladi. Yuklarni vertikal shaxta orqali olib kelishda (2.6-rasm) yig'uv maydonchasini mashina zali o'rtasiga joylashtirish maqsadga muvofiq, bu agregatlar soni juft bo'lganda, ayniqsa, qulay. Yig'uv maydonchasini bunday joylashtirish gidroagregatni yig'ish va almashtirish paytida qisman turbina bloki uzunligidan foydalanish imkoniyatini yaratadi va uning uzunligini qisqartiradi hamda oxirgi agregatni tekshirishda ko'priksimon ko'targich harakatini qisqartiradi. Yig'uv maydonchasini yon tomonga o'rnatish gorizontaal kirish tunneli bilan yaxshi joylashadi. Balandligi bo'yicha yig'uv maydonchasi ko'pincha mashina zali poli sathi bilan bir xil qilib loyihalalanadi, alohida hollarda u ushbu satndan pastda qilib joylashtirilishi mumkin.



12- suv saqlash uchun galareya; 13- ma'muriy bino; 14- shamollatish shaxtasi; 15-OTQ.

2.6- rasm Shershill-Folls GES i inshootlar majmuasi:

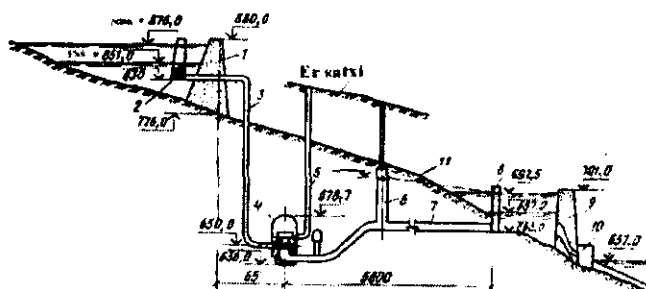
a-plan; b- bo'ylama qirqim;
1- suv qabul qilgich;
3- transformator yo'lagi;
4- yer osti mashina zali;
5- pastki tenglashtiruvchi rezervuar;
6- suv olib ketuvchi tunnelni chiqish portali;
7-bosimli suv olib ketuvchi tunnelar;
8- kirish tunneli; 9- kanal; 10- yuk shaxtasi; 11- kabel shaxtasi;

Planda yig'uv maydonchasi o'lchami bitta agregatni almashtirishda yoki ta'mirlashda uni barcha elementlarini joylashishini hisobga olib aniqlanadi. Yig'uv maydonchasi kengligi mashina zalining kengligiga teng, uzunligi esa agregat bloki uzunligining 1,0-1,5 barobariga teng. Agregatlar soni ko'p bo'lganda (15-20), Agar birdaniga ikkita agregat almashtirilsa, yig'uv maydoni uzunligi ortishi mumkin.

Turbina blokining balandligi bo'yicha joylashishi pastki byefda bevosita so'ruvchi quvurdan keyingi suv sathini o'zgarishi va gidravlik mashinani kavitatsiyasiz ishlashini ta'minlaydigan so'rish balandligiga (H_s) bog'liq. So'rish balandligi esa kavitatsiya balandligiga bog'liq.

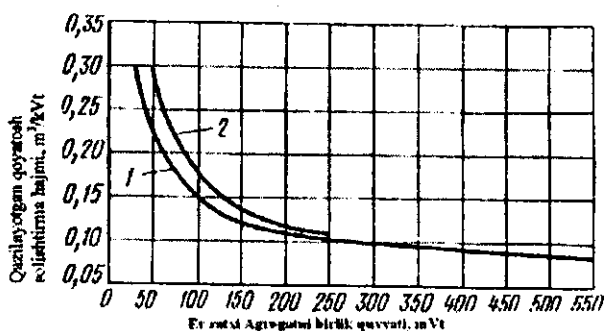
Kavitatsiya balandligining miqdori har xil tipdagi turbinalar uchun tajriba ma'lumotlari asosida aniqlanadi. Gidromashina ishchi g'ildiragi holati so'ruvchi quvur balandligini pastki byefdgagi minimal suv sathidan qancha pastda joylashishiga qarab aniqlanadi. 2.5-rasmda turbina ishchi g'ildiragi (parragi) pastki byefdgagi suv sathidan $N_s=14,9$ m pastda joylashgan. GAES qaytarma gidromashinalari uchun N_s miqdori xuddi 2.7-rasmda ko'rsatilganidek ancha chuqurda joylashgan bo'lishi mumkin. Ushbu holda nasos turbina pastki byefdgagi suv sathidan 35 m chuqurda joylashgan.

GES va GAES mashina zalini muhim iqtisodiy ko'rsatgichlaridan biri gidroagregat 1kvt quvvatiga to'g'ri keladigan qoya jins qazilmasini nisbiy hajmi hisoblanadi.



2.7- rasm. Serro –Palado GES-GAES i inshootlari bo'yicha sxematik qirqim: 1-yuqori hovuz; 2-suv qabulqilgich; 3-quvurli suv tashima; 4-mashina zali; 5- kabel va aeratsiya shaxtasi; 6-tenglash-tiruvchi rezervuar; 7- umumlashtirilgan(reversivno'y)tunnel; 8-suv qabul qilgich-chiqish portali; 9- pastki hovuz to'g'oni; 10 – quvvati 10 MVt li GES; 11 daryo tubi.

Gidroagregat birlik quvvati 100-500MVt oralig'ida bo'lganda qoya qazilmani solishtirma hajmi $0,18-0,08\text{m}^3/\text{kVt}$ oralig'ida bo'ladi. Gidroagregat birlik quvvati 100MVt va undan pastlaganda ushbu solishtirma hajm 0,18 dan $0,30\text{m}^3/\text{kVt}$ ga ortadi. GAES uchun 1 kVt o'rnatilgan quvvati uchun qoya qazilma hajmi GESga nisbatan agregat birlik quvvatini 50-250 MVt oralig'ida biroz ortadi (2.8-rasm), $N > 250$ MVt bo'lganda esa, deyarli o'zgarmaydi va $0,10\text{m}^3\text{G}^3/\text{kVt}$ ga teng.



2.8-rasm. GES va GAES yer osti mashina zalida qoya jinslar qazilmasi solishtirma ko'rsatgichlari:

1-GES mashina zali uchun; 2-GAES mashina zali uchun.

GES va GAES mashina zallari bo'yicha ushbu solishtirma hajmni yaqinligi shu bilan bog'liqqi, qaytarma gidroturbinalarni pastki byef suv sathidan katta chuqurlikka joylashtirilishi kavitatsiya yuz bermaslik sharti bo'yicha ishlaganda turbina bloki yer osti qismida qoya jins qazilmasi hajmini uncha katta miqdorga oshirmaydi.

2.3 Gidrotexnika tunneli trassasi. GES va GAES yer osti zallari joylashish o'rnini tanlash

Suv qabul qilish inshootidan stansiya bo'g'inigacha gidrotexnika tunneli o'tish joyi (trassasi) iloji boricha to'g'ri chiziqli bo'lishi kerak. Bu esa uni uzunligini kamaytirish va suv o'tkazish quvuri bo'yicha eng kam kapital mablag' sarf qilish va GESda eng kam energiya yo'qotishga erishish imkoniyatini yaratadi. Inshootlarning yer ostida joylashishini yer ustiga joylashganiga nisbatan afzalliklaridan biri mana shudir. Lekin gidrotexnika tunnelini ham planda va ham kesimda to'g'ri chiziqli joylashishiga qator omillar xalaqit beradi.

Bularga birinchi navbatda tunnel o'tish yo'li injenerlik-geologik sharoiti, tunnel o'tish joyi topografiyasi va tunnelni gidravlik ishlash rejimi hamda qurilish ishlarini bajarish usullari kiradi.

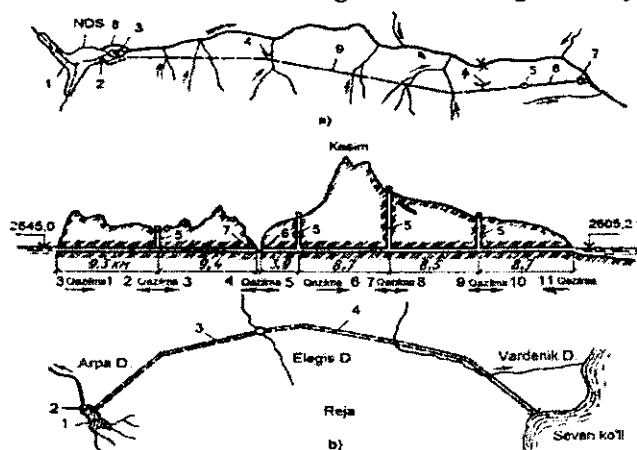
Tog' jinslari tektonik buzilishi, yuqori tog' bosimi, yer osti suvlarini katta miqdorda oqib kelishi, ko'chki hodisasi yuz berish ehtimoli va h.k. lar bilan ifodalanadigan noqulay injenerlik-geologik sharoitda tunnel trassasini ayrim uchastkalarida to'g'ri chiziqli qismdan voz kechib, ushbu noqulay uchastkalarni planda aylanib o'tishga to'g'ri keladi. Mashina zalini iloji boricha tarkibi buzilmagan yuqori mustahkamlikdagi qoya jins massivlarida joylashtirish kerak.

Tunnel trassasi uzunligi katta bo'lganda uni ikkita portaldan qazish ishlarini bajarish qazish vaqtini cho'zadi va qurilishni umumiy muddatini oshiradi. Bunday hollarda yon tomondan jinsni yer ustiga chiqarib tashlash uchun kalta tunnel ko'rinishida qo'shimcha tunnel qazilmalari va shaxtalari qurish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunday kichik tunnel qazilmalarini qurish tunnel to'g'ri chiziqli trassasidan voz kechilganda mumkin (2.9,a-rasm). Yon tomondagi qazilmalar tunnel trassasi yonidan o'tadigan jarlik va pastqam joylar orqali amalga oshiriladi. Planda o'zgargan tunnel trassasi qurilish ishlarini bajarish shartiga ko'ra to'g'ri chiziqchaga nisbatan 10% va undan ko'proq miqdorga uzayadi. Bunday xarakterli tunnel trassalariga Arpa daryosidan oqimini Sevan ko'liga olib keluvchi uzunligi 48 km li tunnel trassasini keltirish mumkin (2.9-rasm). Tunnelni bunday katta uzunligida 11 qo'shimcha qazilma (zaboy) qurish kerak bo'ladi. To'qqizta qazilma (zaboy) to'rtta shaxta yordamida va Elegis daryosini tunnel bilan kesishgan joyidagi yerni pasaygani hisobiga qaziladi. Bu tunnel trassasini planda sezilarli o'zgarishiga olib keladi.

Bosimli tunnel trassasini kesimda joylashishi injenerlik-geologik sharoitini hisobga olishdan tashqari uni turg'un rejimda gidravlik ishlashga bog'liq bo'lgan talablarni ham qanoatlantirishi kerak.

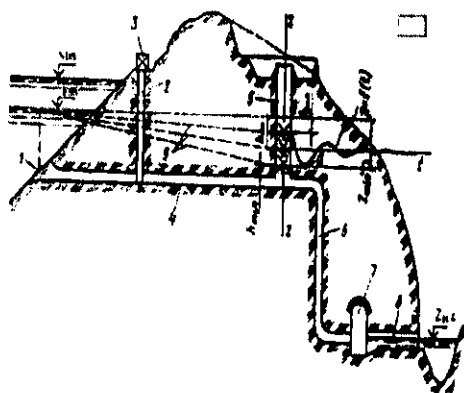
GESda yuklanish N_{bosh} dan N_{oxr} ortganda tenglashtiruvchi rezervuarda suv sathi o'zgarishining o'tish jarayoni 2.10-rasmda ko'rsatilgan. Hisoblashlar suv omboridagi suv sathi eng kichik bo'lgan (FSS) holatda bajariladi. GES agregatlarida boshlang'ich quvvati N_{bosh} va sarf Q_{bosh} bo'lgan holat uchun tenglashtiruvchi rezervuarda suv sathi derivatsiya tunneli trassasidagi pyezometrik chizig'iga mos kelgan Z_{bosh} holatni egallaydi (2.10-rasm). GES agregati ortganda ta'sir qilayotgan nagruzka N_{oxr} ga va sarf Q_{oxr} bo'lganda hovuzdagi suv sathi Z_{oxr} holatni egallashi kerak. Sathni Z_{bosh} holatdan Z_{oxr} holatga o'zgartirish $Z=f(t)$ tebranish jarayoni bilan kuzatiladi. Bunday noturg'un holatda shunday vaqt mavjudki (2.10- rasmdagi a nuqta), unda tenglashtiruvchi hovuzda suv sathi $Z_{min} > Z_{oxr}$ bo'lgan eng past holatni egallaydi. Ushbu sath derivatsiya tunnelini balandligi bo'yicha tenglashtiruvchi rezervuar bilan tutashish joyida joylashishi uchun hisobiy hisoblanadi. Derivatsiya tunneli kesimda shunday joylashtirilishi kerakki, tunnelni tenglashtiruvchi rezervuar bilan tutashgan teshigida ortiqcha bosim bilan ta'minlanishi kerak (Z_{min}). Ushbu talab tunnelni suv qabul qilgichdan tenglashtiruvchi rezervuargacha bo'lgan butun trassasiga tegishli.

Bosimsiz tunnel trassasi kesimda u doimo bosimsiz rejimda ishlaydigan qilib joylashtirilishi talab etiladi, bunga asosan tunnelni chiqish portalida gidravlik ishlash sharoitini berib erishiladi. Bosimsiz tunnel trassasida geometrik nishablik o'zgarmas bo'lishi kerak, bunday talab bosimli tunnel uchun har doim bajarilishi shart emas. Tunnel trassasini planda burilishi oqim tezligi 10m/s gacha bo'lganda 60^0 oshmasligi zarur, burilish radiusi esa tunnel ichki oralig'ining beshta o'lchamidan kichik bo'lmasligi kerak. Ushbu talabni suvning hisobiy tezligi kamdan-kam hollarda 10mG's ga yetuvchi GES mashina zaliga suv keltiruvchi va olib ketuvchi tunnellar uchun bajarish kerak bo'ladi. Suv tezligi 10 m/s dan yuqori bo'lishi mumkin bo'lgan toshqin suvlarini tashlab yuboruvchi tunnellarga kelsak, unda tunnelni burilish joylari laboratoriya tadqiqotlari asosida loyihalanadi va oqimni tunnel devorlaridan ajralishi mumkinligi va kavitatsiya hodisasi hisobga olinadi. Tunnel trassasini yer yuziga yaqinlashishi tunnel qoplamasiga tog' bosimi va suvni ichki bosimining ta'sirini hisobga olib bajariladi.



2.9-rasm. Gidrotexnika tunneli o'tish yo'li (trassasi):

a-bosimli derivatsiya tunneli; 1-suv ombori; 2-suv qabul qilgich;
3-gruntli to'g'on; 4-qurilish yo'lagi; 5-tenglashtiruvchi rezervuar;
6-turbinaga suv o'tkazuvchi quvur; 7-GES binosi; 8-salt suv tashlama;
9-derivatsiya tunneli; b-Arpa – Sevan tunneli plani va kesimi; 1-Keshut suv ombori; 2-to'g'on; 3-№1 tunnel; 4-№2 tunnel; 5-qurilish shaxtasi; 6-№2 tunnelni kirish joyi (portali); 7-№1 tunnelni chiqish joyi (portali).



**2.10-rasm. Bosimli
tunnelning kesimda
joylashishi:**

*1-chuqurdagi suv qabul qil-
gich; 2-zatvor shaxtasi; 3-ye-
rosti mexanizmlari; 4-derivat-
siya tunneli; 5-tenglashtiruv-
chi rezervuar; 6-turbina suv
o'tkazuvchi quvuri; 7-mashi-
na zali; 8-suv olib ketuvchi
bosimsiz tunnel; 9-bosimli
tunnel trassasida ezometriya
chizig'i.*

III bob. YER OSTI GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI KONSTRUKSIYASI TO'G'RIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

3.1 Konstruktiv elementlari

Tunnel portallari. Tunnel portalini (kirish va chiqish qismi) tog' massivi qiyaligiga shunday joylashtirish kerakki, ularni tabiiy muvozanati kamroq buzilishga erishilsin. Seysmik rayonlarda portalni qiyalikni ichiga kiritish kerak. Portal konstruksiyalari geometrik shaklini soddaligi bilan farqlanishi kerak. Portal bo'ylama armaturasi tunnel qoplamasi bo'ylama armaturasi bilan bog'lanishi kerak (3.1-rasm). Tunnel portali konstruksiyasi tunnelni vazifasiga, topografik va injenerlik-geologik sharoitiga bog'liq. Tunnel portali suv oqish qismi shakli va o'lchamlari hisoblar yordamida yoki laboratoriyada gidravlik tadqiqotlar asosida aniqlanadi. Portal kirish qismi tekis bo'lishi kerak. Suv keltiruvchi tunnelga har xil jismlarning kirishini oldini olish uchun, portalga kirish qismida tozalab turiladigan axlat tutib qoluvchi panjara o'rnatilishi kerak (3.1, e -rasm).

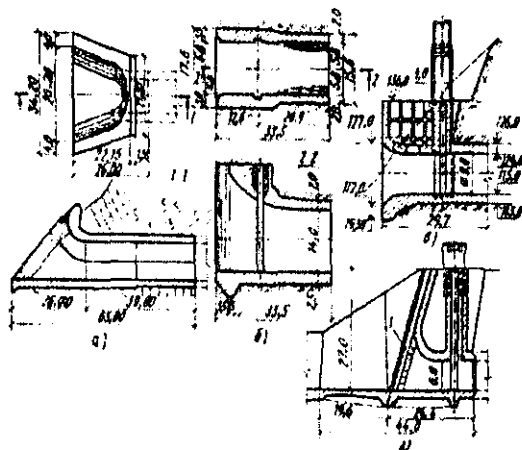
Tunnel kirish qismiga yaqin joyda zatvorlar o'rnatiladi. Agar zatvorlar kirish portalidan 50 m va undan ko'proq masofada alohida joylashgan bo'lsa, u holda suv qabul qilgich ajratilgan tipga, yaqinroq masofada joylashganda esa birlashtirilgan tipga kiradi (3.2-rasm). Suv qabul qilish inshootiga yaqin joyda oqim yoki suv ombori qirg'og'i, osilib turgan, nuragan tog' jinslarini tutib qolish uchun metall to'r bilan to'silgan bo'lishi kerak, unga yo'l yaqin joylashgan bo'lsa, uning qirg'og'i panjara bilan to'silgan bo'lishi kerak.

Suv tashlama tunnellar chiqish portalida oqimni yuvish ta'sirini kamaytirish uchun tramplin (3.3,a-rasm), planda kengayuvchi va balandligi bo'yicha kichrayuvchi bosimli diffuzorlar (3.3,b-rasm), yoki bosimsiz diffuzorlar (3.3,d-rasm) o'rnatish tavsiya etiladi. Portal chiqish qismini yuvilishdan himoya qilish uchun Hidroproekt institutida ishlab chiqilgan jinsni sementitlab ankerli tishlar o'rnatish (3.3,e-rasm) yoki gruntnda devor usulida bajarilgan temir-beton tishlar o'rnatilishi maqsadga muvofiqdir. Chiqish portalini, inshoot zaminini, daryo o'zanini va uni qarama-qarshi qirg'og'ini hamda inshootga yaqin

joylashgan qismini yuvilishi mumkinligini hisobga olib konstruksiyalash kerak.

Gidrotexnika tunnelini loyihalashda uni butun uzunligida kuzatish va ta'mirlash maqsadida tunneldagi suvni bo'shatish imkoniyati ko'zda tutilgan bo'lishi kerak.

Tunnelni faqat zatvorgacha bo'lgan qisqa uchastkalarini suvdan bo'shatmaslikka yo'l qo'yiladi. Qurilish tunnelini toshqin davri oralig'ida kuzatish va ta'mirlash maqsadida tunnelga kirish, kirish yo'laklari orqali amalga oshiriladi. Buning uchun kirish yo'lagini tunnel bilan tutashgan qismida tezda yig'iladigan qurilma (tiqin) o'rnatiladi, uni olib tashlanganda tunnelga qurilish mashinalarining o'tishi ta'minlanadi.

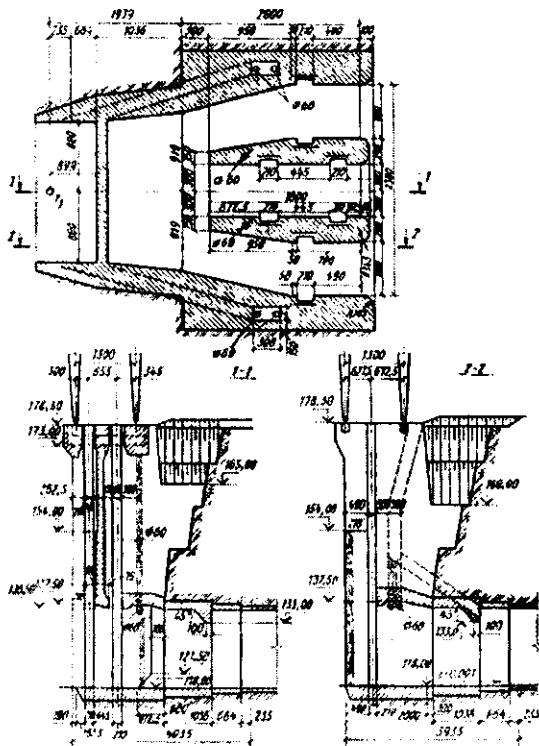


3.1-rasm. Hidrotexnika tunnelining og'zi va kirish qismi:

a-foydalanish davri suv tashlamasi kirish portali; b,d-qurilish tunneli kirish portali; 2-irrigatsiya tunneli kirish portali; 1-axlat tutib qoluvchi panjara.

Foydalanish davri tunnellarida bir yoki bir necha yer osti kirish yo'laklarining tunnel bilan tutashgan qismida yaxshi berkitiladigan eshiklar o'rnatiladi. Tunnel suvdan bo'shatilganda ushbu eshiklar orqali uni ta'mirlash uchun qurilmalar keltirish mumkin. Zatvor kameralarida transport liftlari bo'lganda, undan qoplamalarni ta'mirlash uchun kerakli materiallarni uzatishda foydalaniladi. Barcha tunnellarda uni reja asosida nazorat qilish uchun odam kirishiga maxsus teshiklar (lazlar) o'rnatiladi. Tunnelni foydalanishga topshirishdan oldin oz-oz suv yuborib undagi qurilish axlatlari, metall parchalari, shlam va loyqalardan tozalash uchun imkoniyat yaratishni ko'zda tutish tavsiya etiladi. Suv keltiruvchi

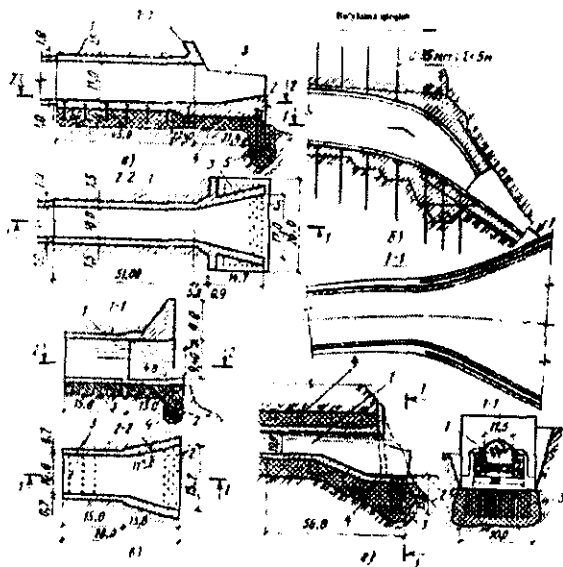
tunnellarda buning uchun suv bo'shatma ko'zda tutish maqsadga muvofiqdir.



3.2-rasm. Kurey GESi qurilish tunneli kirish qismi.

Aeratsiya tadbirlari. Gidrotexnika tunnelini loyihalashda tunnelda vakuum yuz berishini oldini olish maqsadida havo yurituvchi qurilmalar o'rnatish ko'zda tutilishi kerak. Chorvoq GESi shaxtali suv tashlamasi zatvoridan keyin uni kirish qismidagi havo quvurlari 3.4-rasmda ko'rsatilgan. Qiya joylashgan foydalanish suv tashlamasi zatvoridan keyin uni kirish qismidagi havo quvurlari 3.5-rasmda ko'rsatilgan. Uzun bosimli tunnellarni yer yuzasiga chiqish (uni jarlik va suv oqimini kesib o'tish qismida) qismida, ya'ni akveduk qismida, tunnelni suv bilan to'ldirish jarayonida havo bo'shliqlari paydo bo'lishidan saqlash uchun vantuzlar orqali havoni chiqarib yuborish ko'zda tutiladi.

Tunnelli suv tashlamalarda, ularning metall qoplamalarini beton qoplama bilan tutashish qismida, oqim tezligi 20 m/s va undan katta bo'lganda, beton qoplamani kavitatsiya ta'sirida buzilishdan himoya qiluvchi PAZ-aeratorlar o'rnatish ko'zda tutilgan bo'lishi kerak. Aerator bevosita trampolin, pog'ona yoki aralash tipdagi aeratordan iborat hamda aeratorga havo yuboruvchi va uning yordamida oqim ustki yo'li hosil qiluvchi qurilmalardan tashkil topgan.

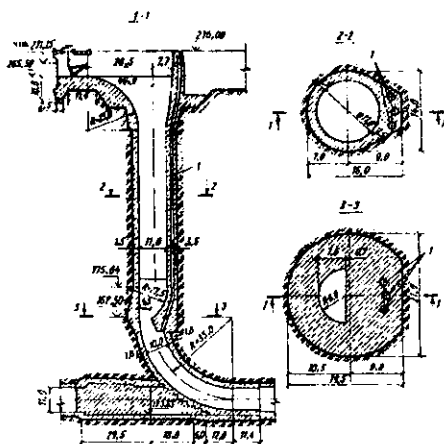


3.3-rasm. Suv tashlama tunnel chiqish portallari:

a-Nurek GESi II-yarusi qurilish tunneli; 1-temir-beton qoplama; 2-trampolin; 3-yon devorlar; 4-gruntni mustahkamlovchi sementatsiya; 5-temir-beton ankerlar; b-To'xtagul GESi chap qirg'og'idagi qurilish tunneli; v-Kurpsoy GESi qurilish tunneli; 1-beton qoplama; 2-diametri o 50 A-I bo'lgan temir-beton ankerlar; 3- o25 A-I bo'lgan temir-beton ankerlar; 4-gruntni mustahkamlovchi sementatsiya; 2) Nurek GESi I-yarusi qurilishi tunneli; 1-tunnel; 2-yuvish varonkasi; 3- temir-beton ankerlar; 4-tog' jinsini mustahkamlovchi sementatsiya.

Aeratorning ishlash prinsipi quyidagidan iborat. Trampolin beton yuzasidan oqimni ajratib oladi va oqim usti yo'lini hosil qiladi, ushbu bo'shliq havo yurituvchi quvurlar orqali kirgan atmosfera havosi bilan to'lad. Ushbu yo'l orqali harakat qilayotgan oqim havo bilan to'yinadi,

Voronka shaklidagi og'zi (rastrublar), tutashtirishlar, tiqinlar. Tunnelni kengayuvchi yoki torayuvchi qismlarida va qiya qazilmalarda ko'p hollarda yaxlit qoplamalar temir-betondan bajariladi.

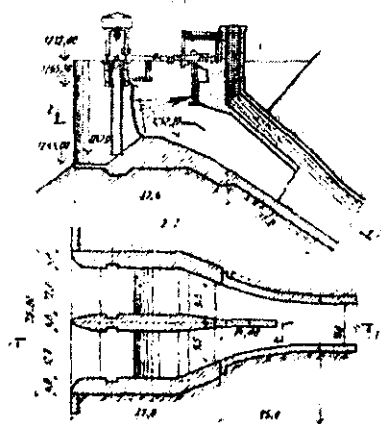


3.4-rasm. Chorvoq GESi shaxtali suv tashlamasi:
1-aeratsiya quvurlari.

Devorga o'rnatish to'g'ridan-to'g'ri bo'lganda qoplama hisobiy oraliq'ini kamaytirish uchun ularni ankerlab qo'yiladi. Bunday uchastkalarni bajarish juda qiyin, chunki har bir kirishda, har bir betonlash blokida individual yechim qabul qilinishi kerak.

Gorizontal tunnellarni o'zaro bir-biriga yoki gorizontal tunnelni qiya yoki vertikal qazilma bilan tutashtirish juda qiyin, tutatirishni hisoblash qiyin, chunki hajmiy masalani yechish kerak, shuning uchun ko'pincha bunday tutashgan qismlar bir-biriga yaqin tekis konstruksiyani hisoblab armaturalanadi. Gorizontal tunnelni bir-biriga o'zaro tutashtirish bo'lingan uchastkalaridan foydalanib amalga oshiriladi (3.6-rasm). Tunnelning kamera bilan tutashgan qismi ham

armaturalanadi. Vertikal hamda qiya qazilmani gorizontal tunnel bilan tutashish qismi 3.7-rasmda keltirilgan.

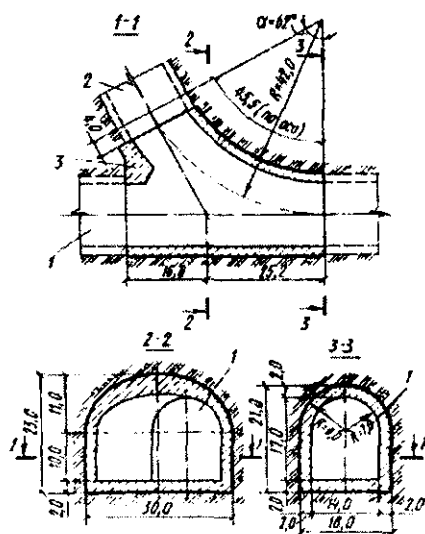


3.5-rasm. Nurek GESi foydalanish suv tashlamasining yuzadagi suv olish inshooti kirish qismi: *1-aeratsiya quvurlari.*

Vertikal, qiya yoki gorizontal qazilmaning qurilish tunneli bilan tutashish joyida ushbu tunnel uchastkasi doimiy suv tashlama sifatida foydalanishni boshlaganda qurilish tunnelini tashish qismi beton tiqin bilan berkitiladi (3.7-rasm). Beton tiqin zatvordan keyin qurilish tunneli faoliyati to'xtatilgandan keyin bajariladi.

Qurilish sarfini o'tkazib yuborish uchun tunnelni berkitishni statik va filtratsiya hisoblari yordamida aniqlanadigan eng kichik kerakli uzunlikda loyihalanadi. Tunnelli berkitish joyini tanlashda to'g'on zaminidagi filtratsiyaning umumiy holati, tunnelni berkitilmagan qismidan daryo darasi qirg'oqlarini drenajlash uchun foydalanishni maqsadga muvofiqligi hamda tunnelni tiqindan yuqorida joylashgan bosimli qismidan yondagi quriq qazilmalarga filtratsiya bo'lish mumkinligi hisobga olinadi.

Tunnelni beton tiqin qilinadigan uchastkasi tashqi tomoniga o'zgaruvchi qalinlikdagi qoplama qilish maqsadga muvofiqdir. U tiqin bosim ostida bo'lganda jinsga pona shaklida kirib qoladi. Qoplama ichki qismida konussimon o'tish joyini bajarish mumkin, agar bu tunnelning gidravlik ishlash sharoiti bo'yicha yo'l qo'yilgan bo'lsa.

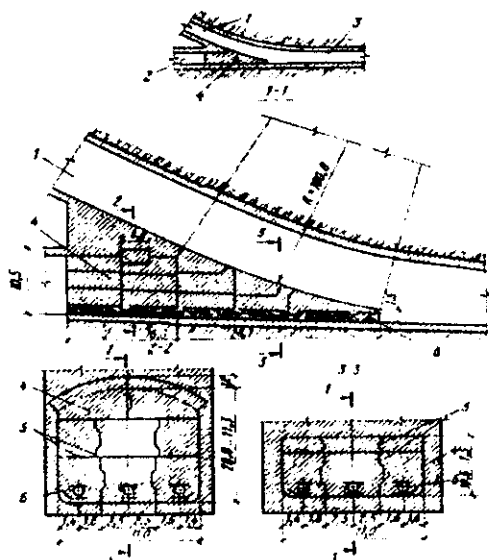


3.6-rasm. I-yarus qurilish tunnelini (gorizontal tekislikda) suv olib ketuvchi tunnel bilan tutashish qismi:

1-qurilish tunneli; 2-suv olib ketuvchi tunnel; 3-bo'lingan qismi.

Seysmikaga kirish chora-tadbirlar yetti va undan ko'p balli seysmik rayonlarda joylashgan yer osti inshootlarida seysmikaga qarshi konstruktiv tadbirlar ko'zda tutish kerak bo'ladi. Tunnel portallari ustidagi yon bag'irlik va portal oldidagi qazilma qiyaliklari zilzila paytida o'pirilib tuchmasligi uchun uning ustini mustahkamlash tavsiya etiladi. Tunnel portali oldidagi tirgak devor va uning poydevori zilzila kuchi 7 ball bo'lganda kengligi 15 m va 8, 9 ballda kengligi 10 m bo'lgan vertikal chok bilan seksiyalarga ajratiladi.

Chokni shunday joylashtirish tavsiya etiladiki, bunda har bir seksiyani tubi siqilish darajasi bo'yicha bir xil bo'lgan gruntga tayansin. Seysmikligi 9 ball bo'lgan rayonlarda portal oldidagi tirgak devor poydevorini qoya yoki yarim qoya gruntgacha kiritish yoki zaminni sun'iy ravishda zichlash tavsiya etiladi. Old tomondagi portal devorlari temir-betondan qilinishi kerak. Zilzila kuchi 9 ball bo'lgan rayonlarda tunnel portal oldi qismining qoplamasini ham temir-betondan loyihalash tavsiya etiladi.



3.7-rasm- Qiya suv o'tkazuvchi quvurni qurilish tunneli bilan tutashtirish:

1-qiya suv tashlama; 2-qurilish tunneli; 3-suv olib ketuvchi tunnel; 4-tutashuvchi beton tiqin; 5-betonlash bloklari; 6-aeratsiya quvuri.

Tunnel ustidagi yer yuzasi relyefi kesim o'zgaradigan uchastkalarida qoplama bo'yлама va ko'ndalang konstruktiv armaturali temir-betondan bajariladi. Zilzila kuchi 9 ball bo'lgan rayonlarda 50 m gacha bo'lgan chuqurlikdan o'tadigan tunnelning barcha uchastkalari qoplamasi temir-betondan loyihalanadi.

Tunnelni tektonik yoriqlar yoki tog' jinslari xossalari tunnel uzunligi bo'yicha bir-biridan keskin farq qiladigan tutashgan qismi buzilgan qismida deformatsiya – seysmik choklari o'rnatiladi. Ushbu choklar konstruksiyasi qoplama elementlarini filtratsiyaga qarshi xossalarni saqlagan holda o'zaro siljishga yo'l qo'yishi kerak.

Barcha yer osti inshootlari loyihasida quyidagilarni ta'minlovchi tabiatni muhofaza qiluvchi tadbirlar ko'zda tutilgan bo'lishi kerak: qurilish davri tabiiy sharoitining buzilishini tiklovchi biologik tadbirlar (grunt va o'simlik qatlamini tiklash, qazilgan karyer, uyum va h.k. mustahkamlash va chimlash) yer ostini, suv havzalarini, suv oqimlarini, havoning ifloslanishini, yer osti suvlarining ifloslanishi va kamayishining oldini olish; tutashgan o'rmonlar, torfli va botqoq

hududlarda yong'in xavfsizligini ta'minlash; kriogen jarayonlarni cheklash va boshqarish; eroziya, ko'chki, suv bosishi va boshqa tabiiy muhitni buzuvchi jarayonlarni, yuz berishi va rivojlanishini to'xtatish.

Barcha ushbu tadbirlar va texnik yechimlarni loyiha tashkilotlari tabiatni muhofaza qiluvchi davlat organlari bilan kelishgan holda amalga oshirishi kerak

3.2 Qoplamasiz tunnellar

Dunyoning barcha mamlakatlarida loyihachi va quruvchilar. Agar tunnellar qurish va undan foydalanish davrida xavfsizligi va mustahkamligi ta'minlansa qoplamasiz bajarishga harakat qilishadi. Tunnellar qurish amaliyoti shuni ko'rsatayaptiki, bir xil sharoitda qoplamasiz tunnellar qiyamati, qoplamalilarga nisbatan 20-30% ga arzon va uni qurish muddati 15-15% ga qisqarar ekan. Ayniqsa, qisqa tunnellar bu ko'rsatkich sezilarli darajada bo'ladi.

Yer osti gidrotexnika inshootlarini qurish amaliyotida mustahkamlik koeffitsiyenti M. Protodyakonov bo'yicha $f_{kr} \geq 8$ bo'lgan mustahkam tog' jinslarida joylashgan qator qoplamasiz qurilgan tunnellar mavjud.

Qoplamasiz qurilgan tunnellardan muvaffaqiyatli foydalanish tajribasi bilan birgalikda, unda tog' jinslarini mustahkamligini yo'qotilishi yuz bergan o'pirilish va buzilish hollariga qator misollar keltirish mumkin. Bunday hollar asosan jinsning injenerlik-geologik sharoitini noto'g'ri baholash, filtratsiya suvlari gidrodinamik bosim kuchini hisobga olmaslik va tunneldan foydalanish davrida GES ishlash rejimi o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan suv bosimini o'zgarishi, suvni pulsatsiya bosimi, kavitatsiya hodisasi natijasida yuz beradi. Uni ta'mirlash tiklash ishlariga ketadigan sarf-xarajatlar alohida hollarda GESni uzoq muddatga to'xtatishini ham hisobga olganda, butun tunnelni bajarilmagan qoplamasini qiymatidan oshib ketadi.

Yuqorida qayd etilgan holatlar gidrotexnika tunnelini qoplamasiz qurishdan oldin barcha sharoitlarni har tomonlama baholash kerakligini talab etadi. Ushbu baholash quyidagi omillar orqali bajariladi.

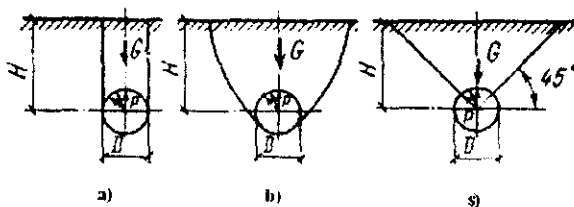
Geologik sharoit. Tog' jinslari mustahkam va kuchsiz yoriqli bo'lishi kerak. Bu tunneldan katta miqdorda filtratsiya suvlarini yo'qotilishiga yo'l qo'ymaslik hamda yoriq bo'shliqlaridagi zarrachalar yuvilib chiqib ketganda jinsni mustahkamligini ta'minlash bilan bog'liq. Qoplamasiz tunnel o'tadigan tog' jinsi nuramaydigan va suvga chidamli,

ya'ni yuvilmaydigan va hajmi ortmaydigan bo'lishi kerak. Jinslar portlatish davrida yoki ichki yonish dvigatellari ishlaganda ajralib chiqadigan gazlar bilan kimyoviy reaksiyaga kirishi kerakmas. Doimo muzlagan qoya jinslar harorat o'zgarganda, jumladan tunnelda suv oqib o'tganda mustahkamligini yo'qotmasligi kerak.

Eng qulay sharoitda ham tektonik zonalardan o'tuvchi tunnellarni qoplamasiz bajarish kerak emas. Yoriqlar tizimi noqulay joylashishi natijasida yuz berishi mumkin bo'lgan yirik o'pirilish joylari ham mustahkamlanishi kerak.

Topografik sharoiti. Bosimli tunnelling qoplamasiz qurishga ruxsat etiladi, Agar uni yer ustidan chuqurligi ichki suv bosimini metrda ifodalangan qiymati yarmidan kam bo'lmasa.

Ushbu shart quyidagi mulohazalar asosida qabul qilingan (3.8, a-rasm). Tunnel ustidagi tog' massivining turg'unligini ta'minlash uchun quyidagi nisbat bajarilishi kerak $G \geq 1,3 P$, bunda G -tunnel ustidagi tog' jinsi og'irligi; P -tunneldagi suvni ichki bosimi ta'sirida ushbu stolbni yuqoriga siljituvchi kuch, uning qiymati $P=pD$, bunda r -tunneldagi suvni ichki bosimi, D -tunnel diametri; 1,3-turg'unlik zaxira koeffitsiyenti.



3.8-rasm. Qoplamasiz bosimli tunnel ustidagi grunt massivini siljish sxemasi:

a-siljishni vertikal yuzasi; b-egri chiziqli yuza; s-qiya yuzasi.

O'z navbatida $G = \rho DN$, bunda ρ -jins zichligi; N - tunnel o'tish chuqurligi.

Keltirilgan nisbatni birinchi ifodaga qo'yib va tog' jinsi uchun ρ miqdorini O'rtacha $\rho = 2,6 \text{ t/m}^3$ teng qabul qilib, $H \geq r/2$ natijaga ega bo'lamiz.

Shuni qayd qilish kerakki, massivni turg'unlik sharoitiga ko'ra tunnelni joylashish chuqurligi $r/2$ dan kichik bo'lishi mumkin, chunki tunnel ustidagi tog' jinsi hajmi ustun ko'rinishida bo'lmaydi, balki qiya yoki egri chiziqli yuza bilan cheklangan (3.8, b,d-rasm). V.Eristov qator

hollarda $H=0,25r$ qabul qilishni taklif qiladi. Lekin qoplamasiz bosimli tunnelni nisbatan kichik chuqurlikda joylashtirilganda shuni e'tiborga olish kerakki, suv bosimi katta bo'lganda va tog' jinsini cho'zilishga bo'lgan mustahkamligi yetarli bo'lmaganda, tunneldan foydalanish davrida suvni ichki bosimi ta'sirida tog' jinsida hosil bo'ladigan yoriqlar orqali suv chiqib ketishi mumkin.

Qurilish ishlarini bajarish sharoiti. Bosimsiz hamda bosimli qoplamasiz tunnellarda qoya jins yuzasidagi g'adir-budirlikni kamaytirish alohida ahamiyatga ega. Odatdagi portlatish usulida do'ng qismlari balandligi yoki chuqurchalar chuqurligi o'rtacha 30-40 sm bo'ladi, alohida hollarda 50-60 sm ga yetishi mumkin. G'adir-budirlik koeffitsiyenti bunda 0,035-0,040 ga teng bo'ladi. Maxsus (kontur bo'ylab) portlatilganda jinslarni notekisliklari 1,5-2 marta kamayadi, g'adir-budirlik koeffitsiyenti bunda 0,030 ni tashkil qiladi. Jins yuzasi purkama-beton bilan berkitilganda ushbu koeffitsiyent 0,020-0,025 gacha kamayadi. Tunnelni qurishni portlatmasdan (kombayn usulida) amalga oshirilganda jins yuzasini g'adir-budirlik koeffitsiyentini 0,017-0,020 qabul qilish mumkin. Shuning uchun ko'pincha qoplamasiz tunnellar konturli portlatish yoki kombayn usulida qaziladi.

Foydalanish sharti. Qoplamasiz bosimsiz gidrotexnika tunnellari uchun suvni tezligiga cheklov qo'yiladi, chunki yuqori tezliklarda jinsni yuzasi notekisligi katta bo'lganda kavitatsiya hodisasi yuz berishi va u jinsni buzilishiga olib kelishi mumkin. Hisoblashlar shuni ko'rsatdiki, jinsdagi do'nglar balandligi 30 sm gacha bo'lganda kavitatsiya natijasida buzilish hosil bo'lishidan qo'rqmasdan tezlikni 12-14 m/s gacha oshirish mumkin. Ko'pincha oqim tezligi 10m/s dan katta bo'lganda qoplamasiz tunnellardan foydalanish mumkinligini laboratoriya tadqiqotlari natijasida asoslanadi.

Ko'pgina qoplamasiz tunnellarda to'la kesimda maksimal suv sarfini o'tkazishni ko'zda tutiladi va tunnel ishlash rejimini o'zgartirishga yo'l qo'yiladi. Bunda shuni esdan chiqarmaslik kerakki, rejimni tez-tez o'zgartirish qoya jins massivini gidrodinamik bosim ta'siri hisobiga kuchsizlanishiga olib kelishi mumkin. Bunday hollarda tunnelni alohida uchastkalarini anker bilan va purkama-beton bilan mustahkamlash kerak bo'ladi.

Qoplamasiz gidrotexnika tunnellarida qalinligi 20-40 sm bo'lgan armaturali betondan tekis nov qilinadi va u qoya jinsga ankerlab qo'yiladi. Bunday nov tunnel ichki yuzasi g'adir-budirligini kamaytiradi, tunnelni qurish davrida transport harakatini tashkil qilishni

yaxshilaydi hamda tunnelni suvdan rejali bo'shatish davrida uni tekshirishni yengillashtiradi.

Suv keltiruvchi qoplamasiz tunnellarda uning tepa qismidan va devorlaridan tushadigan qoya bo'laklarini tutib qolish va uni turbinaga kirishini oldini olish uchun tutqichlar o'rnatiladi. Bunday tutqichlar tunnel novida o'yilgan va usti panjara bilan berkitilgan chuqurdan (bunker) iborat bo'ladi. Ushbu chuqur (hajmi 60-100m³) vaqti - vaqti bilan suv yordamida yuvib turiladi va ushbu suv zatvor o'rnatilgan maxsus quvur orqali yonidagi shtolnyaga oqizib yuboriladi.

Bosimsiz qoplamasiz tunnelni boshlanish va oxirgi uchastkasi uzunligi tunnel oralig'iga teng bo'lgan, lekin 6 m dan kam bo'lmagan uzunlikda qoplamali qilib loyihalaniishi kerak. Bosimli tunnel uchun yuqorida aytganimizdek portal uchastkasi qoplamali qismi uzunligi $H \geq r/2$ shartni bajarish sharti bo'yicha belgilanadi (H -portal qismida tunnelning joylashish chuqurligi m ; r -ushbu uchastkada suvning ichki bosimi, m).

3.3 Tunnel qoplamalarini loyihalashning asosiy holatlari

Qoplama yaxlit (quyma), yig'ma va aralash bo'lishi mumkin (3.9-rasm). Yaxlit qoplama (3.9,a-rasm) betondan, temir-betondan, purkama-betondan bajariladi. Yig'ma qoplamalar (3.9,b-rasm) bir-biri bilan o'zaro qattiq bog'langan (cho'zilishga aloqador) yoki sharnirli birikmali (cho'zilishga aloqasiz) alohida blok va elementlardan (temir-beton, beton, metall) bajariladi. Aralash (kombinatsiyali) qoplamalar (3.9, s-rasm) qoidaga ko'ra ikkita qavatdan tashkil topadi: 1-ichki (birlamchi qoplama) yaxlit yoki yig'ma halqadan tayyorlanadigan; 2-tashqi temir-beton, temir torkret yoki metall qobiq ko'rinishida. Qoplama oldindan kuchaytirilgan bo'lishi mumkin.

Qoplamalar butun tunnel yuzasini berkituvchi (3.9, a, d-rasm) yoki qisman berkituvchi (3.9, e-rasm) bo'lishi mumkin. Tunnel yuzasini qisman berkituvchi qoplamalar mustahkam tog' jinslarida bajariladi va bunda qoplama tunnelning gumbaz qismidagina bajariladi. Alohida qulay injenerlik-geologik sharoitlarda yer osti inshootlari yuqorida aytib o'tganimizdek qoplamasiz bajarilishi mumkin, bunda tunnel yoki kamera uni qurish va undan foydalanish davrida qoplamasiz ishlaydi.

Gidrotexnika tunneli qoplamasi tashqi va ichki kuchlarni qabul qilish, ichki yuza g'adir-budirligini kamaytirish va shu tufayli ishqalanishdagi bosimni yo'qotilishini kamaytirish, nurash va boshqa

suv va havo ta'siri, tunneldan filtratsiya suvlari o'tishini kamaytirish maqsadlarida bajariladi.

Yuqorida keltirilgan talablarga javob beruvchi qoplamalar ko'taruvchi deyiladi. Yuklarni qabul qilishga mo'ljallangan qoplamalar tekislovchi deyiladi, bunday qoplamalar ko'pincha tunnelni ho'llangan yuzasida bajariladi.

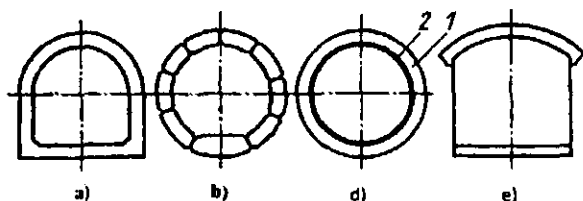
Ilgari ko'taruvchi qoplamalar qattiq yoriqqa chidamli ichki va tashqi yuklarni to'liq qabul qiluvchi massiv konstruksiya ko'rinishida loyihalashga harakat qilingan. Bu esa tunnellarda ko'plab miqdorda material sarf qilish va ularning narxini oshishiga olib kelgan.

Oxirgi yillarda yer osti inshootlarini hisoblash usullarining rivojlanishi, tog' massivi jinslari xossalarini batafsil tadqiq qilish yangi taraqqiy etgan konstruksiyalar yaratilishi natijasida massiv qoplamalardan tejamli yupqa qoplamalarga o'tish amalga oshirilmoqda. Zamonaviy qoplamalar kuchlarni barcha tog' jinslariga birday taqsimlab beradi va butun massivni ishlashini ta'minlaydi. Bunda qoplama qayishqoqligi (yumshoqligi) tufayli minimal qattiqlikka ega uni mustahkamligini qolgan qismini jins to'ldiradi. Bunday sharoitda qoplama kam material sarflanadi va uni narxi kamayadi. Masalan qoplama (purkama-betondan) ankerli mustahkamlagichdan foydalanilsa, u yetarli qovushqoqlikka ega bo'ladi, tog' massivini eng ko'p darajada ishlashga jalb etadi, qazilmani qazish jarayonida tog' massivini ko'chishiga oson moslashadi, mustahkam jins anker konstruksiyasini hosil qiladi.

Tog' massivi Mustahkamlik xossalaridan maksimal foydalanish yaxlit beton va temir-betondan undagi yoriqlar yo'l qo'yilgan miqdorda bo'lgan (0,1-0,3mm) yupqa qoplamalar hisobiga erishiladi.

Bosimsiz tunnelning yoriq ketmaydigan qatlamlari (yoriq ketishiga hisoblangan) katta tog' bosimi yoki suvni agressiv holati bilan bog'liq bo'lgan, alohida sharoitlardan tashqari barcha hollarda loyihalanishi kerak.

Bosimli tunnelni yoriq ketmaydigan qoplamasi, tunnelda filtratsiyalangan suv qoplamani chidamliligini va tog' massivini turg'unligini pasayishiga olib kelmaydigan hollarda, suvni yo'qotilishi energo-iqtisodiy hisoblar yordamida asoslanganda qo'llanilishi mumkin.



3.9-rasm. Tunnel qoplamalari turi.

Yoriq ketmaydigan qoplamadan farqli ravishda yoriq ketishiga chidamli (ya'ni yoriq ketishga yo'l qo'yilmaydigan) qoplama hozirgi paytda kamdan - kam hollarda ko'zda tutiladi. Jumladan tunnel suffoziya va ishqor yuvilishiga moyil bo'lgan tog' jinslarida joylashganda va ushbu holatlar yon bag'irligni yuvilishiga yoki qazilma ustida bo'shliqlar hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin bo'lganda, suv beton va temir-betonga nisbatan yemiruvchi (agressiv) ta'sirga ega bo'lganda va gidrokarbonat ishqorligi qiymati 0,2 mg-ekvG'l dan kam bo'lgan hollarda.

Yuk ko'taruvchi qoplamalarni ko'pgina tiplarini qurilgandan so'ng, uni tog' jinsi bilan zich va uzluksiz bog'lanishi uchun to'ldiruvchi sementatsiya bajariladi. Bu esa yukni bir tekisda (jinsdan jinsga va jinsdan qoplamaga) uzatishni va jins va qoplama birgalikda ishlashini ta'minlaydi. Yaxlit qoplamalarda sementatsiya uning gumbaz qismida, yig'ma qoplamalarda esa butun perimetrida amalga oshiriladi. Sementatsiya tunnel qoplamalari orqali qaziladigan quduqlarda qum-sement qorishmasini yuborib bajariladi. Ushbu qorishma qoplamaga bevosita yaqin joylashgan jinsdagi alohida bo'shliqlar va yirik yoriqlarni hamda qoplama va jins orasida betonning qisqarishi natijasida hosil bo'lgan oraliqlarni to'ldiradi.

3.4 Yer osti inshootlarini namdan (suvdan) himoya qilish

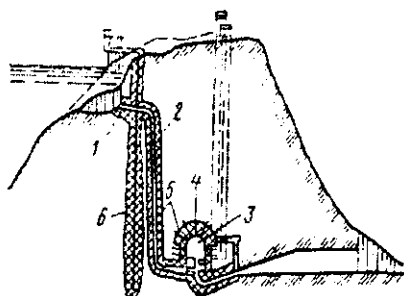
Namdan(suvdan)himoya qilish usullari. Yer osti inshootlarida suvdan himoya qilish asosan bosimli tunneldan jinsga yoki jinsdan yer osti binolariga (mashina zallari, transformator xonasi, rezina shaxtalari va h.k.) filtratsiya yuz berishi oldini olish maqsadida bajariladi.

Namdan himoya qilish bilan birga drenaj qurilmalari ham bajariladi. Namdan himoya qiluvchi qurilmadan mashina zaliga sizib o'tgan suv drenaj yordamida yer ustiga chiqarib yuboriladi. Namdan

himoya qilish jinslarni silikatlash, smolalash, mumlash, sementlash orqali jinsni mustahkamlash va jins yoki qoplamani torkret, mastika, plyonka, yelimli himoya yordamida suvash orqali amalga oshiriladi.

Yer osti inshootlari uchun gruntlarni silikatlash, smolalash, mumlash, ishlari kamdan-kam hollarda bajariladi.

Yer osti gidrotexnika inshootlarida eng ko'p tarqalgan suvdan himoya qilish usuli bu filtratsiyaga qarshi sementatsiya hisoblanadi. Sementatsiya suv oqib ketishini kamaytiradi va suvning agressiv ta'siridan himoya qiladi. Bosimli tunnel va shaxtadan filtratsiya yuz berishini kamaytiradi hamda jinsni suffoziyadan va yuvilishdan (ohaktoshlar, argillitlar gilli slanslar) himoya qiladi.



3.10 - rasm. Filtratsiyaga qarshi sementatsiya sxemasi:

*1-suv qabul qilish inshooti;
2-shaxtali bosimli quvur; 3-yer
osti mashina zali; 4-shpurli
drenaj; 5-filtratsiyaga qarshi
sementatsiya; 6-filtratsiyaga
qarshi to'siq.*

Purkama - beton qoplama yana har xil maqsadlardagi shaxta stvoli uchun ham qo'llanilishi mumkin. Yer osti gidrotexnika qurilishida vertikal va qiya shaxta stvollari purkama-beton qoplama ankerlar bilan birgalikda hozircha faqat birlamchi mustahkamlovchi konstruksiya sifatida qo'llaniladi, so'ngra stvolda doimiy qoplama (metall qoplama, temir-beton qoplama va h.k.) bajariladi.

Shuni alohida qayd etish kerakki, filtratsiyaga qarshi sementatsiya bir vaqtning o'zida mustahkamlovchi ham hisoblanadi, chunki jinsdagi anizotropiyani kamaytiradi va deformatsiya modulini oshiradi.

Sementatsiya inshootning filtratsiya oblasti ta'siridagi butun yuzasida, yoki inshootning bir yoki bir necha tomonida bajarilishi mumkin. Filtratsiyaga qarshi sementatsiyaning xarakterli sxemasi 3.10-rasmda keltirilgan. Filtratsiyaga qarshi sementatsiyani chuqurligi mahalliy sharoitga bog'liq va filtratsiya hisoblari yordamida aniqlanadi, taxminan u 3÷8 m ni tashkil qiladi.

Torkret qoplama. – beton qoplama yuzasiga sement, suv va suv aralashmasini sepish usulida bajariladi. Torkret qoplam qalinligi 4 sm gacha bo'ladi. Undan ko'proq har xil kamera qazilmalarida va bosimsiz tunnel yig'ma qoplamalarida ulangan joylarni suv o'tkazmasligini oshirish maqsadida qo'llaniladi. Ushbu holda torkret ba'zan diametri 2-6 mm li sim to'r ustiga surtiladi, bunda torkretning qalinligi 5-6 sm gacha ortadi. Torkret o'rniga xuddi shu qalinlikda purkama - beton ham qo'llaniladi.

Ko'pincha portlandsementdan foydalaniladi, lekin har xil tipdagi eguvchan va kengayuvchan sementdan ham foydalanish mumkin.

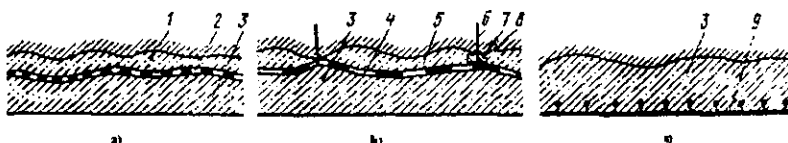
Torkret qatlamni kamchiligiga uni surishda changishi, sementni sarfini ko'pligi (1 m^3 tayyor torkretga sarf qilinadigan sement miqdori 700-800 kg ni tashki qiladi), suvni ichki bosimiga qarshiligi kamroqligi kiradi.

Lak kraskali qoplama. Kompaund asosidagi suvdan muhofaza qiluvchi qoplamalar keng tarqalgan. Bunday himoya tarkibiga 20% ED-5 epoksid smolasi, 10% qotirgichli 20% furfurolasement monomer va 50 % maydalab ezilgan qum kiradi. Kompaund bevosita ishlatilishdan oldin tayyorlanadi va u maxsus asboblarda yordamida sepiladi. Qoplama qalinligi 2-3 sm bo'lib, u quruq va ozroq nam yuzalarga sepiladi.

Bunday qoplamalardan suv o'tkazmasligiga bo'lgan talab yuqori bo'lgan yoriqlar yuz bermasligiga hisoblangan bosimli va bosimsiz tunnellarda qo'llaniladi. Bunday kompaundli qatlamlardan foydalanishga misol qilib Obi-kiik bosimsiz tunnelini keltirish mumkin. Tunnel og'ir gidrogeologik sharoitda mexanizatsiyalangan to'siq bilan qurilgan. Qoplama yig'ma blok va ichki quyma temir-beton qoplamadan tashkil topgan, ichki yuzasida umumiy maydoni 50 ming m^2 bo'lgan yuzaga suvdan himoya qiluvchi qatlam surilgan. Bunday qatlam tunnelni to'liq suv o'tkazmasligini ta'minlash bilan birga qoplama yuzasi g'adir-budirligini kamaytirish hisobiga uni suv o'tkazish qobiliyatini 10-15% oshiradi. Suvdan samarali himoya qiluvchi konstruksiyaga epoksid – furanli mastikani kiritish mumkin. Bunday mastika quruq jinsga yoki yer osti suvlarini drenajga olib ketilganda tekislovchi purkama-beton (yoki torkret) ustiga suriladi. Qazilma yuzasi oynakday yaltiroq bo'lib qoladi. So'ngra qoplamaning o'zi quriladi (3.11,a - rasm).

Gidroproekt instituti ilmiy tadqiqot bo'limi tomonidan qalinligi 0,5mm bo'lgan epoksid-toshko'mirli bo'yovchi suvdan himoya qiluvchi qatlamni taklif qilingan. Ushbu himoya qatlamini 2..3 qavat shisha tikon

bilan armaturalash qoplamani mustahkamligini yanada oshiradi. Undan tashqari epoksid smolasi va har xil yarimefir yoki tiokol(sun'iy kauchik)asosida alyumin oksidli yoki kvarts qumli to'ldirgichli polimer qorishmali suvdan himoya qiluvchi-kavitatsiyaga qarshi qatlam ham ishlab chiqilgan. Bunday qoplamalardan foydalanish tunneldagi suv oqimi tezligini miqdori yuqori bo'lganda (30 m/s dan katta) maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin.



3.11- Suvdan himoya qiluvchi qoplamalar sxemasi:

a- lak buyoqli (mastika); b- jinsdagi plyonkali; s- qoplama yuzasidagi plyonkali; 1- jinsdagi purkama-beton qoplama; 2- epoksid-furanli mastika; 3- qoplama betoni; 4- polimer plyonka; 5- sement -qumli inetsiya qorishmasi; 6-otib o'rnatiladigan mix; 7- polimer materialdan yo'naltiruvchi yo'lka; 8- issiq havo bilan yelimlash; 9- qovurg'ali polietilen plyonka.

Plyonkali qatlam. Plyonkali suvdan himoya qatlami konstruksiyasi ikkita guruhga bo'linadi: yer osti inshootlari qoplamasi tashqi yuzasini himoya qiluvchi va tunnel qoplamasi ichki yuzasiga to'shaladigan.

Birinchi guruhga qoya jinsga polimer plyonkani yoki yo'naltiruvchi qurilmani otib so'ngra unga plyonkani yelimlab bajariladigan qatamlar kiradi (3.11.b-rasm). Qatlam o'rnatilgandan so'ng qoplama betonlanadi va plyonka bilan jins orasidagi bo'shliqlar sementatsiya usulida zichlanadi.

Ikkinchi guruhga tunnel qoplamasi ichki yuzasiga bitum mastikasi yoki list shaklidagi polietilendan foydalanib mahkamlanadigan polietilen qatlami kiradi. Polietilenni qovurg'alari betonlanganda qoplamaga kiritib yuboriladi.(3.11,d -rasm).

Alohida muhim hollarda himoya qoplamasi qalinligi 4...6 mm li po'lat listlardan bajariladi. Bunday listdan qoplamani betonlashda qolip sifatida foydalaniladi. Listga ichki tomonidan armatura payvandlanadi, tashqi tomoni torkret bilan berkitiladi, listlarning o'zi esa bir-biriga uzluksiz payvandlash choklari bilan birlashtiriladi.

3.5 Yer osti inshootlari drenaji

Drenaj qurilmalar. Katta bosim yoki yer osti suvlari oqib kelish sharoitida suvni yer osti inshooti ichiga drenajlash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Drenaj yer osti suvlari bosimini qoplamaga ta'sirini kamaytiradi (qisman yoki to'liq) va bosimli tunnel quvurlar qoplamasini tunnelni suvdan bo'shatilganda turg'unligini yo'qotishdan saqlaydi, mashina va transformator zallari, yuqori tokli kabel-yuk tashish tunnellari, lift va aeratsiya shaxtalari va boshqa inshootlarni grunt suvlaridan himoya qiladi hamda suvni ko'p shimuvchi jinslarda yer osti qurilish ishlarini bajarishni yengillashtiradi.

Drenajdan quyidagi hollarda foydalanish mumkin: agar tog' jinsi suffoziyaga va yuvilishga nisbatan chidamli bo'lsa, drenaj qurilmasini qurilish (beton va sementatsiya ishlarini bajarishda) va undan foydalanish davrida kolmatatsiyalanish xavfi bo'lmasa; drenaj o'rnatish suv ombori va tunneldan ko'plab miqdorda suvni yo'qotilishiga olib kelmasa.

Filtratsiya oqimi depressiya egri chizig'ini kamaytirishga ko'ra drenajlar quyidagicha toifalanadi:

a) umumiy, himoya qilinadigan inshoot joylashgan zonada oqim depressiya yuzasi holatini pasaytirish natijasida qoplamaga ta'sir qilayotgan yer osti suvlari bosimini kamaytiruvchi. Bunday drenajlarga inshootning yuqori tomonida ma'lum bir masofada joylashgan yuqorigi drenajlar hamda himoya qilinayotgan inshootning butun atrofidagi konturli drenajlar kiradi;

b) mahalliy, yer yuzasiga yaqin joylashgan, yer osti suvlarini drenajlash hisobiga qoplamaga ta'sir qiladigan yer osti suvlari bosimini kamaytiruvchi. Mahalliy drenajlar ko'pincha shpurli va kontaktli bo'ladi.

Drenaj turini tanlash qurilish rayonining ekologik va gidrogeologik sharoitlariga, jinsdagi fizik-kimyoviy jarayonlarga, yer osti inshooti qoplamasi materiali va konstruksiyasiga, ushbu inshootlarni qurish va undan foydalanish sharoitiga bog'liq bo'ladi. Qoplama konstruksiyasini kuchaytirish yoki suvdan muhofazalash tadbirlarini amalga oshirishga nisbatan drenaj qo'llashning maqsadga muvofiqligi texnik-iqtisodiy hisoblar natijasida asoslangan bo'lishi kerak. Bunda qurilish ishlarini narxi, bajarishning murakkabligi va muddati, qo'llanilayotgan

qurilmaning ishonchiligi, undan foydalanish davridagi xarajatlar hisobga olinishi kerak.

Umumiy drenajlar. Drenaj tunnelli va shtolnyalari suvli gorizont suvlarini to'liq tutib qolish uchun filtratsiya oqimi yuqori qismiga joylashtiriladigan uzun inshoot hisoblanadi. (3.12.-rasm).

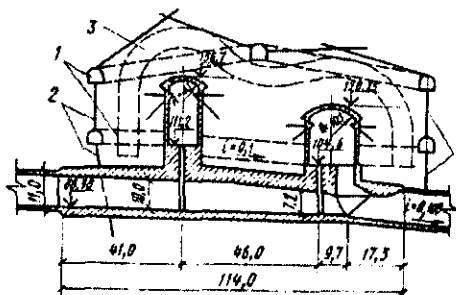
Mahalliy sharoitga ko'ra drenaj tunnelli planda to'g'ri chiziqli yoki egri chiziqli, yopiq va ochiq bo'lishi mumkin.

Mustahkam tog' jinslarida drenaj tunnellarini qoplamasiz bajarish mumkin, qolgan holatlarda qoplama g'ovak kam sementli yoki yig'ma bloklardan bajariladi, nov qismi betonlanadi va bo'ylama nishabligi 2% dan kam bo'lmagan suv olib ketuvchi ariqcha quriladi (3.13-rasm). Drenaj tunneli qoplamasi ortida dam(havo) berishga yo'l qo'yilmaydi. Betonlash bilan bir vaqtda qoplama ortidagi bo'shliqlarni shag'al bilan to'ldirib boriladi. Drenaj tunneli ichidagi suv muzlab qolishini oldini olish uchun tunnel eshiklar bilan jihozlanadi va kerakli uzunlikda sovuqdan himoya qilinadi. Drenaj tunneli suv qabul qilish qobiliyatini oshirish maqsadida va uning ta'sir doirasini kengaytirish maqsadida gumbaz va devorlarida uzunligi 1,5....3,5 m li shpurlar burg'ulash tavsiya qilinadi.

Bir jinsli tog' jinslarida bitta yarusli drenaj tunnelli bilan cheklanib qolish mumkin, bir necha suvli gorizont bo'lgan holatlarda esa, ko'p yarusli drenaj tunnelli qo'llaniladi (3.12-rasm).

Burg'u quduqli drenajlar (kaptaj burg'u quduqlari) drenaj tunneli ichidan yoki boshqa qazilmalardan jins ichiga burg'ulaydigan drenaj kanallari tizimidan iborat va shu maqsadlarda himoya qilinayotgan inshoot yoniga quriladi. Drenaj burg'u quduqlarini uzunligi odatda 10...50m ga teng, ayrim hollarda 100 metrgacha yetadi, diametri 50...120mm. Mustahkam jinslarda burg'u qudug'i mustahkamlanmaydi, kuchsiz jinslarda esa old qismida (og'zida) quvur qo'yiladi. Burg'u quduqlari qator (vertikal, gorizont) yoki nurli (tarmoqli) qilib joylashtiriladi. Vertikal burg'u quduqlari (pastdan yuqoriga va yuqoridan pastga) katta balandlikdagi yer osti inshootlarini (mashina zallari, shaxtalar, tenglashtiruvchi rezervuarlar) drenajlashda qo'llaniladi. Nurli (veerli) burg'u quduqlari inshootning uzunligi bo'yicha shaxmat tartibida burg'ulanadi. Veer tekisliklari og'ish burchagini shunday hisob bilan tanlanadiki, bunda burg'u qudug'i ko'p miqdorda yoriqlar va jins qatlamlari tutashgan joyini iloji boricha jinslarni cho'zilgan qismini krest shaklida kesib o'tsin.

Mahalliy drenajlar. Shpurli drenajlar diametri 50-100 mm li tunnel qoplamasi orqali bir necha metr chuqurlikka burg'ilib qaziladigan va yer osti suvlarini qazilmaga drenajlaydigan shpurlar tizimidan iborat.



**3.12- rasm Qurilish tunneli
zatvor kamerasi atrofidagi
drenaj tizimi:**

*1- drenaj tunneli; 2-tunnel
bo'yicha har 5m oraliqdagi O
105 mm burg'u quduqli
drenajlar; 3-7 m chuqurlikka
sementatsiya qilish.*

Shpurli drenaj uzunligi va oraliq masofasini o'zgartirib, massivni oldindan berilgan drenajlash darajasiga va qoplama talab qilingan yukka erishish mumkin. Shpurli drenaj ko'pincha qoplama qurib bo'lingandan va sementatsiya ishlari bajarilgandan so'ng amalga oshiriladi. Bunday drenaj bosimsiz tunnel qurilishida keng tarqaldi, u qoplamaga yer osti suvlari bosim ta'sirini 85-95% ga kamaytirish imkoniyatini beradi.

Bosimli tunnellarda katta bosimdagi suv oqimi bor joylarda yer osti suvlari tunnelga drenajlanadi. Tunnel ichidagi bosim miqdori tashqi yer osti suvlari bosimidan katta bo'lganda tunneldagi suvni tashqariga o'tkazib yubormaydigan klapan konstruksiyalaridan biri 3.14-rasmda keltirilgan. Normal hollarda sharcha tunneldagi suv bosimi ta'sirida yuqorida joylashadi.

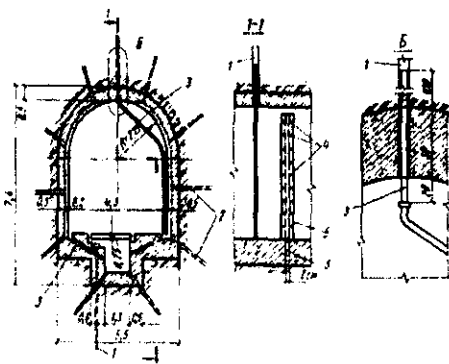
Qoplama ostidagi lentasimon drenaj odatda transport va bosimsiz tunnellarda qo'llaniladi. U jinsning qoplama bilan tutashgan qismida joylashgan bo'shliqdan iborat bo'lib, u filtratsiyalanadigan material (qum, shag'al, tosh, shisha, momiq, shlak, yig'ma yoki yaxlit g'ovak beton) bilan to'ldiriladi. Bunday drenejlardan mustahkam nam tortadigan suvda ivimaydigan jinslarda foydalanishga yo'l qo'yiladi.

Bunday drenajlar tunnel novida, tekis novga ta'sir qiladigan suv bosimi miqdorini kamaytirish uchun joylashtirilishi mumkin.

Drenajga filtrlangan suv gidrotexnika tunneli ichiga olib ketilishi mumkin yoki to'plovchi joyga to'planib, nasos yordamida tunneldan pastda joylashgan suvli qatlamga tushirib yuborilishi mumkin.

Transport va kirish tunnellarida suv olib ketuvchi kollektorlar tunnel uzunligi bo'ylab o'tadigan novlarga joylashtiriladi. Ularning o'lchamlari 30x30 sm dan kam bo'lmasligi kerak va hisoblar yordamida belgilanadi.

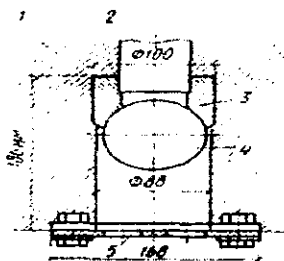
Novdagi suvning muzlab qolmasligini (novni ustidan berkitib yoki ularni isitib) ta'minlash kerak.



3.13-rasm. Bosimli stansiya bo'g'ini qazilmasi atrofidagi drenaj tunneli:

1-uzunligi 50 m, $\varnothing$ 105 mm, tunnel uzunligi bo'yicha bir-birida oraliq masofasi 5 m bo'lgan quduqli drenajlar; 2-uzunligi 3m, $\varnothing$ 50mm, sim to'rlar oralig'i 3x3 m bo'lgan shpurli drenajlar, 4-0,5 m oraliqdagi mixlar (dobellar), 5-ruxlangan list.

Filtratsiya hisoblari. Drenaj tunneli, bosimsiz tunnel yoki kameraga o'rab turgan tog' massividan oqib kiradigan hamda bosimli tunneldan atrofda o'rab turgan jinsga filtratsiyalanadigan filtratsiya sarflarini hisoblash formulasi tekis radial filtratsiya uchun Dyupyui formulasi asos qilib olingan.



3. 14 - rasm bosimli tunnel drenaj qudug'idagi sharsimon klapan:

1 – tunnel beton qoplamasi; 2 – diametri $\varnothing$ 50 mm li metall quvur; 3 – bronzadan quyilgan teshik; 4 – kauchukdan shar; 5 – teshikli metall to'r.

Bu formulani muhitdagi silindrik teshiklar uchun qo'llash mumkin.

$$q = \frac{2\pi k_{\phi} H}{\ln(R_{\phi}/r)} \quad (3.1)$$

bunda, q – silindrni 1 m uzunligiga to'g'ri keladigan silindrik teshikdan oqib o'tadigan suv sarfi;

H – mavjud bosim, m; r – teshik radiusi;

R_f – filtratsiya sohasi radiusi.

Tajriba ma'lumotlari bo'lmagan holda uning miqdorini grunt suvlari qalinligi t (m) ni ikki barobariga teng deb qabul qilinadi, ya'ni $R_f = 2t$.

Mavjud bosim orqali ifodalanadigan filtratsiyaning gidravlik qarshiligi (3.1) formuladan aniqlanadi.

$$H = \frac{q \ln(R_f / r)}{(2\pi k_f)} \quad (3.2)$$

Filtratsiya harakati tunnel ichiga yoki aksincha tunnel ichidan tashqariga yuz berganda umumiy holda uchta to'plangan muhitning joylashishi ko'riladi: qoplama, qoplama ortidagi sementatsiyalangan va sementatsiyalanmagan jins zonasi. Bunday holda gidrotexnika tunnelini filtratsiya hisoblarida foydalaniladigan gidravlik qarshiliklar yig'indisi usuliga ko'ra bosim H pasayishiga teng bo'lgan va qoplamadagi bosimlar farqi miqdori H_{qop} , sementatsiyalanadigan jinsdagi bosim H_s va sementatsilanmaydigan jinsdagi bosim H_n yig'indisidan iborat bo'lgan umumiy qarshilik quyidagicha ifodalanadi:

$$H = H_{qop} + H_s + H_n \quad (3.3)$$

Har bir zonaga unga o'sha zonaga to'g'ri keladigan zona radiusi chegarasi miqdorini va filtratsiya koeffitsiyentini qo'yib (3.2) formulani qo'llash mumkin. Oqimning uzluksizligiga ko'ra barcha zonadan bir xil sarf q oqib o'tadi. (3.3) ifodaga (3.2) formuladan har bir zonaga mos qiymatlarini qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz.

$$H = \frac{q}{2\pi} \left(\frac{\ln \frac{r_n}{r_s}}{\kappa_s} + \frac{\ln \frac{R_q}{r_n}}{\kappa_q} + \frac{\ln \frac{R_f}{R_q}}{\kappa_f} \right) \quad (3.4)$$

bunda, r_n va r_s – tunnel qoplamasining tashqi va ichki radiuslari, m; r_q – sementatsiya zonasi tashqi radiusi, m ; $\kappa_s, \kappa_q, \kappa_f$ – mos ravishda qoplama (beton) sementatsiyalangan jins, sementatsiyalanmagan jins filtratsiya koeffitsiyenti, m/s.

$Q = qL$ miqdorni (3.4) ifodaga qo'yib tunnelga yoki undan tashqariga filtratsiyalanayotgan suv sarfini umumiy miqdorini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$Q = \frac{2\pi LH}{\frac{1}{e_s} \ln \frac{r_i}{r_s} + \frac{1}{e_r} \ln \frac{R_i}{r_s} + \frac{1}{e_f} \ln \frac{R_f}{R_i}} \quad (3.5)$$

Bunda L –tunnelning yoki uning bir qismining uzunligi, m.

Bosim H deganda grunt bosimi H_g va tunnel ichidagi bosim H_o farqi tushuniladi $H=H_r-H_o$.

$H_r > H_o$ bo'lganda suv tunnel yoki kamera ichiga harakat qiladi, $H_r < H_o$ –bo'lganda esa aksincha filtratsiya tunneldan jinsga qarab yuz beradi.

Bosimli tunnelni cheklangan miqdorda yoriq yuz berichiga yo'l qo'yiladigan yoriqqa chidamsiz qoplamasini filtratsiyaga hisoblashda qoplamadan o'tayotgan filtratsiya sarfi miqdori, yoriqdan o'tayotgan sarfga nisbatan kichik bo'lganligi tufayli hisobga olinmaydi.

Ushbu holda umumiy gidravlik qarshilik quyidagi qarshiliklarning yig'indisidan iborat bo'ladi: $H = H_T + H_{n1} + H_{n2} + H_{n3}$, bunda H_T –tunnel qoplamasi yoriqidagi bosimlar farqi, H_{n1} –qoplamadagi yoriqqa tutashgan jins qatlamidagi bosimlar farqi (radiusi R_o bo'lgan o'tish zonasi). N_{p2} –o'tish zonasidan keyingi tog' jinsi asosiy hajmining sementatsialangan qatlamidagi bosimlar farqi; H_{n3} –sementatsiyalanmagan jins asosiy hajmidagi bosimlar farqi.

Qoplamadagi yoriqlar miqdori 36 dan ko'p bo'lganda Ikkinchi qo'shiluvchini miqdori nisbatan juda kichik. Bunda sementatsiya yo'q bo'lganda quyidagi qabul qilinadi.

$$H = H_t + H_n \quad (3.6)$$

bunda, H_n –miqdori (3.2) ifodadan $r = r_n$ qabul qilib aniqlanadi.

Beton qoplama yoriqidagi gidravlik qarshilik miqdori H yoriqidagi filtratsiya suvi rejimiga bog'liq bo'ladi, ko'pgina hollarda ushbu rejim laminar bo'lganda to'g'ri chiziqli qonunga bo'ysunadi, betondagi yoriqqa nisbatan u Darsi formulasiga o'xshash formula orqali ifodalanishi mumkin:

$$q = n_t \kappa_T \frac{H_T}{h_{\text{qop}}} \quad (3.7)$$

bunda, n_t –qoplama aylanasiidagi yoriqlar soni;

h_{qop} –qoplama qalinligi;

κ_t – yoriqni suv o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, uning miqdori suv oqimi frontini 1m dan (tunnel uzunligidagi yoriqni 1m uzunligi orqali) o'tayotgan bosim gradiyenti $H_t / h_{\text{qop}} = 1\text{m}^3 / \text{s.m}$ miqdoridagi suv sarfiga teng.

Betondagi yoriqlar uchun G.P. Verbetskiy tomonidan uni quyidagi o'rtacha miqdorini aniqlangan $k_f = 7 \cdot 10^4 a_f^2 m^2/c$, bunda a_f -yoriq ochilish kengligi, (a_f , va n_f miqdori yoriqlanmaydigan beton va temir – beton tunnel qoplama formulalaridan aniqlanadi) (3.7) formuladan u (m) miqdori aniqlanadi.

$$H_f = \frac{qh_{\text{kon}}}{n_f k_f} \quad (3.8)$$

Qoplama yorig'idagi va jinsdagi gidravlik qarshilikning umumiy miqdori (3.6) formulani hisobga olganda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$i = \frac{qh_{\text{qop}}}{n_o \epsilon_o} + \frac{q \ln \frac{R_f}{r_n}}{2\pi \epsilon_f} = q \left(\frac{h_{\text{qop}}}{n_o \epsilon_o} + \frac{\ln \frac{R_f}{r_n}}{2\pi \epsilon_f} \right) \quad (3.9)$$

Uzunligi L (m) bo'lgan bosimli tunneldan (yoki tunnelga) filtratsiyalanayotgan suv sarfining umumiy miqdori Q (3.9) ifodadan olingan quyidagi hisobiy formuladan aniqlanadi.

$$Q = \frac{HL}{\frac{h_{\text{qop}}}{n_o \epsilon_o} + \frac{\ln \frac{R_f}{r_n}}{2\pi \epsilon_f}} \quad (3.10)$$

(3.10) formulada quydagilarni qabul qilishga yo'l qo'yiladi: kam suv o'tkazuvchi jinslarda ($k_f \leq 10^{-6} m^2/c$) bo'lganda $h_{\text{kon}} / (k_f n_f) = 0$, bu qoplamasiz tunnel bilan bir xil;

Kuchli suv o'tkazuvchi jinslarda ($k_f \geq 10^{-6} m^2/c$) bo'lganda $\ln \frac{R_f}{r_n} / (2\pi \epsilon_f) = 0$ bu jinssiz bo'sh quvurdagi yoriq orqali filtratsiya suvlari harakatiga mos keladi.

Keltirilgan (3.5) va (3.10) formulalar orqali hisoblangan sarf Q miqdori bosimli tunnelda texnik iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanadigan filtratsiya suv sarfini yo'l qo'yilgan miqdoridan ($Q_{y.o'l.m.}$) katta bo'lmashligi kerak, ya'ni $Q \leq Q_{y.o'l.m.}$. Gidrotexnika tunnellarini loyihalash me'yorlariga ko'ra $Q_{y.o'l.m.}$ solishtirma yo'l qo'yilgan sarf Q orqali hisoblanadi, $Q_{y.o'l.m.}$ miqdori tunnelni 1000 m² yuzasida bosimni har 10 m uchun uni to'liq miqdori $N > 100m$ bo'lganda $(0.3 - 0.5)10^{-2} m^3/c$ $N < 100m$ bo'lganda $1 \cdot 10^{-3} m^3/c$ teng deb qabul qilamiz.

Tunneldagi shpurli drenaj hisobi.

$$Q = \frac{4\pi\epsilon_r l n}{\frac{A}{l} + \frac{2n}{L_0} \ln \frac{2l}{r_n + a}}, \quad (3.11)$$

$$\varphi_* = \frac{1}{1 + \frac{2nl}{AL_0} \ln \frac{2l}{r_n + a}}, \quad (3.12)$$

Bunda:

Q – inshootning uzunligi L_0 – bo‘lgan qismidan, ya’ni n – shpuridan o‘tuvchi suv sarfi, m^3/s ;

φ_* – qoplama tashqi yuzasida qo‘shni shpurilar o‘rtasidagi (birlik miqdorida) keltirilgan qoldiq bosim;

κ_* – jins filtratsiya koeffitsiyenti, m/s ;

n – ko‘ndalang kesimdagi shpurli drenajlar soni;

L_0 – shpurli drenaj bo‘lgan navbatdagi qo‘shni ko‘ndalang kesimlar orasidagi masofa;

Drenajlar kvadrat joylashgan sxema uchun.

$$L_0 = \frac{2\pi r_n}{n}, \quad (3.13)$$

l – shpurli drenaj uzunligi, m ; H – mavjud bosim, m .

Qoplamadagi qoldiq bosim.

$$H_* = \varphi_* H, \quad (3.14)$$

Qo‘shimcha ifodalar.

$$A = \operatorname{arsh}(0.25l/r_c) + \operatorname{arsh}(1.75l/r_c) - 2\operatorname{arsh}(l/v),$$

$$\operatorname{arsh} x = \ln(x + \sqrt{1+x^2})$$

$$a = \sqrt{b^2 + l^2},$$

Bunda:

r_c – burg‘u qudig‘i radiusi; drenaj kvadrat shema bo‘yicha joylashganda $b = r_n \sin \pi/n$,

IV bob. TUNNELLAR VA SHAXTALAR QOPLAMALARI

4.1 Purkama - beton qoplama

Mashina konussimon naychasidan katta tezlikda otilib chiqayotgan purkama-beton qorishmani yuborish jarayonida, sement zarrachalari mayda qum fraksiyalari bilan birga jins yuzidagi bo'shliq va yoriqlarga to'lib qoladi. Mustahkamlangan tutashgan jins qatlami purkama-beton qoplama bilan birgalikda yuqori yuk ko'tarish qobiliyatiga ega bo'lgan konstruksiya hosil qilib ishlaydi.

Purkama-beton qazilmada tekis yuza hosil qilib, jinsda kuchlanishlarni to'planishini kamaytiradi va uning turg'unligini oshiradi.

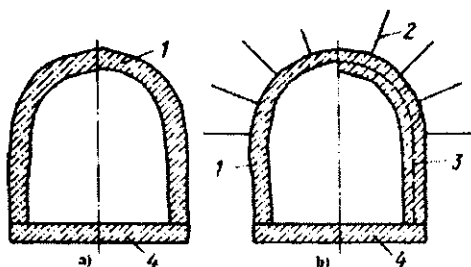
Purkama-betonning jins bilan biki bog'lanish kuchi hisobiga qoplamani qazilma konturi bo'ylab siljishi yuz bermaydi. Yupqa surtilgan purkama -beton qatlami ham tog' jinsini har xil tashqi ta'sirlari natijasida buzilishdan himoya qiladi, buning natijasida jins o'zini xossalarini uzoq muddatga o'zgartirmay saqlab turadi. Odatdagi sharoitda bunday qoplamasiz ko'pgina tog' jinslari mustahkamligi qazilma atrofida vaqt o'tishi bilan nurash natijasida boshlang'ich holatiga nisbatan 60-70 % ga tushib ketadi.

Purkama - beton qoplama universal konstruksiya hisoblanib, o'zi alohida yoki anker va to'r bilan birgalikda, tog' jinsini mustahkamlovchi hamda tunnel va kamera qoplamasi sifatida vertikal shaxtalarning har xil tog' qazilmalarini qoplash va ta'mirlash uchun ishlatiladi. Purkama - betondan eng ko'p uchraydigan tunnel qoplamasi konstruksiyasi qalinligi 7-10 sm li qoplama hisoblanadi (4.1-rasm). Ko'pincha purkama - beton mustahkamlovchi anker bilan birgalikda qo'llaniladi. Kuchli yoriqlangan jinslarda qoplama qalinligi 15-20 sm qilib bajariladi va armaturalanadi (ya'ni qoplama metall to'r ustiga bajariladi). To'r diametri 7 mm li sim bo'lib 5-10 sm li kataklardan iborat bo'ladi, bunday to'rni jinsning notekis yuzasiga moslashtirish qulay.

Bundan tashqari 3-5 sm kataklarga bo'lingan rulonli payvandlangan to'rdan ham yoki diametri 3-6 mm li simdan iborat bo'lgan 10 sm gacha kataklarga bo'lingan rulonli payvandlangan to'r ham qo'llanishi mumkin.

To'rni ankerlar yoki to'quv simlari bo'laklari yordamida jins ustiga bajarilgan qalinligi 5-7 sm bo'lgan birlamchi purkama -beton qoplamaga mahkamlanadi. To'rni o'rnatilgandan keyin yana qaytadan betonni sachratib qoplama qalinligi 15-20 sm gacha yetkaziladi (4.1 b, -rasm).

Agar qazilma atrofidagi kuchli yoriqlangan jinslar purkama -beton qilingandan so'ng ankerlar va sementatsiya qorishmasi bilan mustahkamlansa, u holda yuqori yuk ko'tarish qobiliyatiga ega bo'lgan konstruksiya hosil bo'ladi.



4.1-rasm. Purkama - beton qoplamalar:

a-anker bilan mustahkamlanmagan; *b*-anker bilan mustahkamlangan; 1- purkama-beton qoplama; 2-ankerlar; 3-metall to'r; 4-beton nov.

Texnik-iqtisodiy tahlil shuni ko'rsatayaptiki, purkama-beton qoplamali inshoot yaxlit beton qoplamadan taxminan ikki barobar arzon bo'ladi, ishini sermehnatiligi ham ikki barobarga qisqaradi. Gidortexnika tunnellarida purkama-betondan qoplama yuzasini tekislashga o'tish istiqbolli hisoblanadi.

Purkama-beton qoplama qalinligi h_{no} (m) tunnelning gumbaz qismida teng tarqalgan yuk ta'siridagi to'g'ri burchakli plastinkaning egilishi nazariyasi asosida keltirib chiqilgan quyidagi (formula) yordamida aniqlanadi:

$$h_{no} = \kappa_2 a_1 \sqrt{\frac{g_{gzn} + p_{we}}{\gamma_c R_{bin}}}, \quad (4.1)$$

bunda, κ_2 —qazilmani mustahkamlashda qabul qilinadigan koeffitsiyent; purkama - beton (yoki purkama -beton anker bilan) uchun-0,35, purkama -beton arkasimon mustahkamlagich bilan mustahkamlangan holat uchun-0,3; a_1 —qoplama hisobiy elementining uzunligi, anker bilan arka orasidagi oraliqqa teng deb qabul qilinadi; mustahkamlagich yo'q bo'lganda $a_1 = b_0/6$, lekin 1 m dan kichik emas (b_0 —tunnel kengligi), m; R_{bin} —purkama-betonni o'q bo'ylab cho'zilishga me'yoriy qarshiligi, m,

QMQ 2.03.01-96 dagi jadvaldan qabul qilinadi; g_{qzn} –vertikal tog' bosimini me'yoriy miqdori, MPa; R_{wc} –qoplamaga ta'sir qilayotgan yer osti suvlari qoldiq bosim miqdori, MPa; γ_s –purkama -beton qoplamani tog' bosimiga ishlash sharoiti koeffitsiyenti, armaturalangan konstruksiya uchun uning miqdori 1 ga, armaturalanmagan konstruksiya uchun -0,6 ga teng deb qabul qilinadi.

Purkama-betondan ankerli mustahkamlagichli yer osti inshootlari qoplamasini kuchsiz yoriqli va nurovchi qoya jinslarda mustahkamlik koeffitsiyenti $f_{kr} \geq 4$ bo'lganda unda namlangan gilli qatlam yo'q bo'lganda qo'llash ko'zda tutiladi. Bunday qoplamalardan ularni qayshiqqligi tufayli ko'p yillik muzlangan jinslarda joylashgan yer osti inshootlarida ham qo'llash maqsadga muvofiq.

Purkama -betonni jins bilan biki-bog'lanish kuchi miqdori 0,5 MPa dan kam bo'lmasligi va qoplama qabul qiladigan yer osti suvlari qoldiq bosimi miqdorining ikki barobaridan kam bo'lmasligi kerak(purkama -beton jinsdan ajralib ketmasligi uchun).

Yer osti gidrotexnika inshootlari amaliyotida (MDHda) purkama -beton bilan 1 mln m³ dan ko'proq tog' jinsi yuzasi mustahkamlangan. Lekin ushbu hajm ko'proq vaqtinchalik mustahkamlanadigan yuzalarga yoki suv harakati ko'zda tutilmagan qazilmalarga (kirish va transport tunnelleri kameralar va b.) tegishli.

Purkama -beton konstruksiyani suv oqimi ta'sirida mustahkamligi yetarli miqdorda o'rganilmaganligi uchun gidrotexnika tunnellarida foydalanish davri qoplamasi sifatida kam tarqalgan.

Sobiq ittifoqda purkama -beton qoplamalar (qoidaga ko'ra anker bilan birgalikda) qator gidrotexnika tunnellarida bajarilgan, shu jumladan Xrom II-GES ida Yalta shahrining suv ta'minoti uchun, Toxtagul GESi chap qirg'og'ida joylashgan qurilish tunnelida, Kurpsoy va Miatlin GES lari qurilish tunnellarida, Baypoza suv inshootlari aylanma ta'mirlash tunnelida toshqin davri suvlarini o'tkazib yuborish uchun, Kapshagay va Inguriya GES i drenaj shtolnyasida va ko'plab boshqa suv o'tkazuvchi tunnellarida. Barcha ushbu tunnellarda nov betondan qilingan.

Gidrotexnika tunnellarida purkama -beton qoplamalarni qo'llashni xarakterli misollari 4.1- jadvalda keltirilgan.

4.1 - jadval

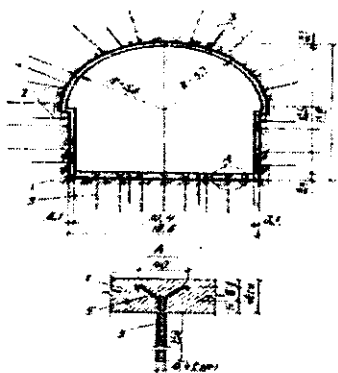
Obyekt	Purkama-beton qoplama uchastkasi uzunligi, m	Kesim o'lchamlari (kengligi, balandligi), m	Tunnelning ishlash rejimi	Qoplama konstruksiyasi	Tunnel uchastkasi jinslari
Baypaza GESi, Eng kam suv sarfini o'tkazuvchi tunneli, L=780m	587	12,8 x 6,4	bosimsiz	10sm li purkama-beton, uzunligi 2m oralig'i 1,5m, li temir-beton ankerlar, beton nov 30 sm	Gil qatlamli ohaktoshlar va argilitlar, $f_{kr}=4$
To'xtag'ul GESi, o'ng qirg'oq qurilish tunneli, L= 540m	335	8 x 5,7	Bosimsiz(Q = 300 m ³ /s) Bosimli(Q = 500 m ³ /s) O'zgaruvchan (300 < Q < 500 m ³ /s)	6sm li purkama-beton, uzunligi 2m oralig'i 1,5m li temir-beton ankerlar, beton nov 30 sm	O'rta qatlamli, o'rta yoriqli ohaktosh, $f_{kr}=6$

Kurpsay GESi, qurilish tunneli L= 634m	372	10 x 11	Bosimsiz(Q = 400 m ³ /s) Bosimli(Q = 700 m ³ /s) O'zgaruvchan (400 < Q < 700m ³ /s)	6...8sm (gumbaz qismida) va 8...14 sm (devorida) purkama-beton, uzunligi 2m oralig'i 1,5 m li, temir- beton ankerlar, beton nov 40 sm	Qumtoshlar va argilitlar, $f_{kr} = 3...8$
Miatlin GESi qurilish- suv foydalanish tashlamasi, L= 293m	228	9,6 x 9,6	Bosimsiz(Q = 680 m ³ /s)	10...15sm li purkama-beton, uzunligi 2,6...3 m li, oralig'i 1,4m, temir-beton ankerlar, beton nov 30 sm	Qumtoshlar, ohaktoshlar va argilitlar, $f_{kr} = 5....7$

Krupsoy GES ini purkama - beton qoplamali qurilish tunneli ko'ndalang kesimi 4.2- rasmda keltirilgan. Purkama - beton devorni beton nov bilan, tutashtirish hamda purkama - beton gumbaz va devorni beton yoki temir-beton qoplamali uchastka bilan tutashtirish bir tekisda bo'lishi kerak va purkama - betondan 1:3 qiyalikda 10 sm dan kam bo'lmagan qalinlikda bajarilishi kerak.

Ushbu shartni bajarmaslik mahalliy qarshilikka, bosimni yo'qotilishiga va qoplamaning yuvilishiga olib keladi. Purkama -beton yuborishda jins yuzasi imkoniyat darajasida shunday tekislanishi kerakki, qazilma konturi chiqqan joylari balandligi tutashgan joylarida 15 sm dan ortmasligi kerak; barcha qoplamalardan chiqib turgan ankerlar yoki armatura bo'laklari kesib tashlanishi kerak. Aks holda ular tunnelda suv harakat qilganda oqimda hosil bo'ladigan bosimni maromiy o'zgarishi (pulsatsiyasi) natijasida qoplamaning buzilishiga olib kelishi mumkin.

Purkama - beton qoplamadan foydalanilganda purkama - betondan betonga o'tish qismini (tunnelning kirish va chiqish qismi, qoplamaning beton halqasi uzunligi bo'yicha) hisobga olib gidravlik hisoblarini bajarish kerak.



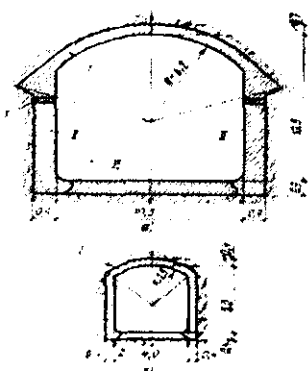
4.2- rasm. Kurpsoy GESi qurilish tunneli qoplamasi:

1-beton; 2-shpurli drenajlar $O\ 42\text{ mm}$, uzunligi 1,5m, qadami 4x4m; 3-temir-beton ankerlar $O\ 25\text{ mm}$, uzunligi 2,5m, qadami 1,2x 1,2m; 4-purkama-beton, qalinligi 10sm; 5-armatura $O\ 12\text{ A-I}$, 1ta ankerda 4 dona.

Xuddi qoplamasiz tunnellar kabi suv oqimi tezligi 10 m/s bo'lgan holat uchun gidravlik tadqiqotlar olib borilishi kerak. Bosimli tunnellar uchun uning chuqurda joylashishi bo'yicha cheklov o'z kuchida qoladi ($H \geq r/2$, bunda r -tunnel ichidagi bosim, m). Yer osti gidrotexnika qurilishida vertikal va qiya shaxtalarda purkama-beton qoplama ankerlar bilan birgalikda hozircha faqat birlamchi konstruksiya sifatida qo'llanilmoqda, keyinchalik doimiy qoplama (metall qobiq, temir-beton qoplama) bajariladi.

4.2 Quyma beton qoplama

Tunnellarning quyma beton qoplamalarining o'ziga xos konstruksiyalari 4.3-rasmda keltirilgan. Ular asosan o'rtacha mustahkamlikdagi ($f_{kr} \geq 4$) jinslarda qo'llaniladi. Quyma qoplama qalinligi hisoblar yordamida aniqlanadi. Agar mustahkamlik va yoriqqa chidamliligi bo'yicha tunnel qoplamasini qalinligini (0,15-0,2) dan katta bo'lish talab qilinsa, u holda qoplamani qalinligini oshirmasdan, yanada mustahkamroq (yoki derivatsiyaga chidamli) beton qo'llash, jinsni mustahkamlovchi sementatsiya qilishni ko'zda tutish, qoplamani armaturalash va boshqa tadbirlarni ko'zda tutish maqsadga muvofiqdir.



4.3-rasm. Quyma beton qoplama:

a- uch bosqichda quriladigan; b- ikki bosqichda quriladigan; I, II, III- qoplamani qurish bosqichlari; 1- birikish.

Beton qoplamalar ko'proq bosimsiz tunnelerde tarqalgan. Bosimli tunnelerde odatdagi betondan yoriqqa chidamsiz qoplamalar faqat bir jinsli o'rtacha mustahkam va mustahkam ($f_{kr} \geq 4$) kuchsiz yoriqlangan jinslarda qo'llaniladi.

Yumshoq jinslarda ($f_{kr} < 4$) tog' bosimi miqdori yuqori bo'lganda, ushbu bosim beton qoplama qurilgancha metall arkasimon mustahkamlagich orqali qabul qilingan bo'lishi kerak. Yaqin vaqtlargacha arkali mustahkamlagichni kesimdan tashqariga chiqarilgan va uni faqat tog' bosimini aniqlashda hisobga olingan, bu esa materialni ortiqcha sarf qilinishiga olib kelgan. Qoplama foydalanish davri yuklariga ishlaganda arkali mustahkamlagichni bikt (qattiq) armatura sifatida hisobga olish juda ham

maqsadga muvofiq hisoblanadi. Buning uchun arkaga qo'yilgan quyidagi maxsus talablar – aniq o'rnatish, tutashgan joylarini payvandlash, arkani bo'yлама bikrligini ta'minlash- bajarilishi kerak.

Quyma betondan bosimli tunnellarni yoriqqa chidamli konstruksiyasini yaratish $f_{kr} \geq 4$ bo'lganda, pastmodelli betondan (masalan, yengil qung'irtosh (pemza) to'ldirgichli) tayyorlangan qoplamani qo'llab erishiladi.

Bunday betonni elastiklik modeli odatdagi og'ir betonnikidan 1,5 barobar past bo'lganligi sababli konstruksiyani deformatsiyalanishi ortadi va tog' massivini yuk ko'tarish qobiliyatidan samarali foydalanish imkoniyati ortadi. Yengil to'ldirgichli beton qoplamalar Armanistondagi qator GES lar bosimsiz tunnellarida muvaffaqiyatli qo'llangan. Bosimli tunnellarida yana lateks qo'shilgan past modulli betondan yoriqqa chidamli qoplamalarni qo'llashga alohida misollar mavjud.

«Orgenergostroy» instituti tadqiqotlari natijasida qator hollarda lateks betondan tayyorlangan qoplamalarni qalinligining odatdagi betonga nisbatan kamaytirish yoki qoplamani armaturalashdan voz kechish imkoniyati mavjudligi aniqlangan.

Uncha katta bo'lmagan bosimdagi va o'rtacha mustahkamlikdagi ($f_{kr}=4$) jinslardan o'tuvchi doira shaklidagi gidrotexnika tunnellarida quyma presslangan betondan qilingan qoplamalarni qo'llash mumkin. Bosimsiz tunnellar uchun bunday qoplamalarni qumli va boshqa yumshoq jinslarda tavsiya qilish mumkin.

Quyma-presslangan qoplamalarda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, presslangan betonni siqilishga nisbatan mustahkamligi odatdagi suv o'tkazuvchanligi W2 dan W6 gacha bo'lgan betonga nisbatan 30% yuqori, elastiklik moduli esa titratilgan betonga nisbatan 20% yuqori.

Yig'ma temir-beton qoplama nisbatan quyma - presslangan qoplama tejimli (20...30% ga) va kam mehnat talab qiladi (30...40%). Lekin ushbu tipdagi qoplamalar ma'lum bir kamchiliklarga ega, shu jumladan: qazilma uzunligi bo'yicha (presslash uchastkasi) beton qorishmadan suv va havoni siqib chiqarishda qarshilik kuchining ortishi tufayli siqish bosimini pasayishi hisobiga qoplama uzunligi bo'yicha betonning mustahkamligi bir xil emasligi (30...40% atrofida) kuzatiladi, bitta qazilmadan ikkinchisiga o'tish joyida qoplamani yetarli zichlik va sillqlikka ega bo'lmagan qismlari uchraydi, qoplamani boshlang'ich siqilishini kamayishi na faqat betonni qisqarishi va siljuvchanligi hisobiga, balki tunnelni o'rab turgan jinslarni siljuvchanligi natijasida ham yuz beradi. Quyma - presslangan qoplamanı yanada takomillashtirish (radial siqish usuliga o'tish, dispers armaturalangan beton qorishmani qo'llash) ustida ishlar olib borilmoqda.

Yoriqli yoki ko'p jinsli (qatlamli, blokli) o'rtacha mustahkamlikdagi va mustahkam ($f_{kr} \geq 4$) qoya jinslarda joylashgan bosimli tunnellar yoriqqa chidamli quyma beton qoplamalarini loyihalashda, ularni suv o'tkazuvchanligini kamaytirish, tunnel atrofını o'rab turgan jinsni

deformatsiya xossalarini oshirish va ulardagi anizotropiyani kamaytirish uchun tunnel atrofidagi jinslarni filtratsiyaga qarshi mustahkamlovchi sementatsiya qilish ko'zda tutiladi. Sementatsiya chuqurligini tunnel ichki diametrining 0.6...0.8 miqdoriga teng deb qabul qilinadi va sementatsiya tunneldagi suv bosimidan 2...2.5 ortiq bosim bilan bajariladi.

Sementatsiya zonasi chuqurligi l , quyidagi shart orqali aniqlanadi. Bosimli tunnel atrofidagi tog' massivi kuchlanganlik-deformatsiya holati statik hisoblari orqali tunneldagi ichki suv bosimi ta'sirida sementatsiyalangan jinsda hosil bo'lgan yoriq chuqurligi l_{yoriq} . Quyidagi shartni yozish mumkin $l = l_{yoriq} + l_0$, bunda l_0 - jinsni yoriqsiz sementatsiyalangan qismi chuqurligi, quyidagi ifodadan aniqlanadi: $l_0 = p/I$, bunda p - tunneldagi suvning ichki bosimi, m ; I - sementatsiyalangan jinsdagi bosim gradientining yo'l qo'yilgan miqdori ($i = 30...40$).

Shuni e'tiborga olish kerakki, mustahkamlovchi sementatsiyani jinsda 0,15mm dan kichik bo'lmagan yoriqlar mavjud bo'lganda amalga oshirish mumkin, filtratsiya oqimining tezligi yuqori bo'lganda ham sementatsiya kam samarasiz hisoblanadi.

Sementatsiyani qo'llash suv shimuvchanligi 0.01dan 1.0 l/g·min gacha bo'lgan qoya jinslarda qo'llash maqsadga muvofiqdir. Suv shimuvchanlik quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$q_0 = Q/(H \cdot h)$$

bunda, Q - tekshirilayotgan burg'u qudug'idagi suv sarfi, l/min; N - burg'u qudug'iga yuborilayotgan suv bosimi, m ; h - tekshirilayotgan burg'u qudug'i uzunligi, m .

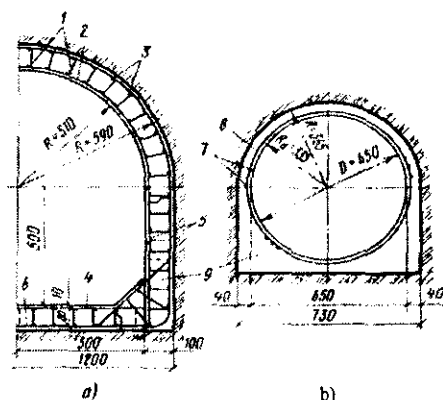
Yon atrofdagi jins mustahkamlovchi sementatsiyalangan quyma beton qoplama masalan, Inguriya GESi bosimli derivatsiya tunneli uchun loyihalangan konstruksiyasi 4.4-rasmda keltirilgan.

4.3 Yaxlit temir-beton qoplamalar

Yuk miqdori ortganda beton qoplamaning yuk ko'tarilish qobiliyati yetarli bo'lmay qoladi va yaxlit temir - beton qoplamalar qo'llashga to'g'ri keladi (4.4-rasm).

Temir - beton qoplamalar bosimsiz tunnellarda faqat yumshoq jinslarda ($f_{kp} < 4$) qo'llanilmoqda, bosimli tunnellarda esa ular har qanday mustahkamlikdagi jinslarda qo'llanilmoqda, lekin ($f_{kp} \geq 4$) bo'lgan

jinslarda temir - beton qoplamalardan foydalanishi yetarli texnik - iqtisodiy asoslashni talab qiladi.



4.4- rasm. Yaxlit temir - beton qoplamalar: :

a - ikki qator ishchi armaturali (nurek GESi suv tashlama tunneli); b - bir qator ishchi armaturasi (Nurek GES suv keltiruvchi oraliq tunneli); 1 - 40sm oraliqda o10 A-I armaturadan tortma; 2 - ishchi armatura 5 o 25 A-I; 3 - tarqaluvchi armatura o 20 A-I zeo sm oraliqda; 4 - ishchi armatura 2.5 o 25 A-I; 5 - ishchi armatura 2.5 o 36 A-I; 6 - ishchi armatura 5 o 40 A-I; 7 - taqsimlovchi armatura 2.5 o 12 A-I; 8 - ishchi armatura 4 o 28 A-II, 9 - beton.

Temir - beton qoplamalar qalinligi konstruktiv va ishlab chiqarish mulohazalariga ko'ra tunnel diametriga bog'liq ravishda aniqlanadi va hisoblar yordamida tashqi ta'sirga tekshiriladi. Yaxlit qoplamalarni loyihalashda imkoniyat darajasida ularning qalinligini $(0.1-0.15)r_b$ oraliq'ida cheklashga intilinadi, bunda - tunnel ichki diametri, chunki qalinlikning ortishi armatura sarfini ham ortishiga olib keladi.

Bir qator armaturali yaxlit qoplamaning minimal qalinligi 20sm ga teng, ikki qatorliniki esa - 25sm. Qoplama qalinligini ham quyidagi oraliqda qabul qilish tavsiya qilinadi.

4.2- jadval

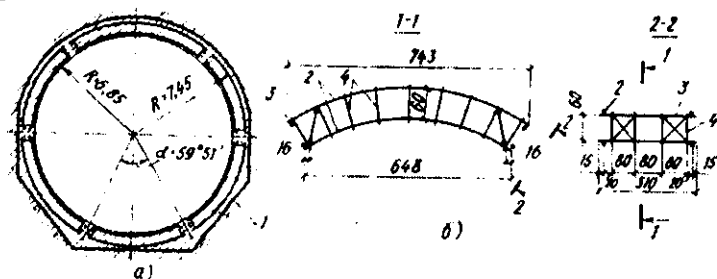
r_b, m	1.5.....2	2.5.....4	4.5 va undan kat-taroq
h_{qop}/r_b	0.2.....0.15	0.15.....0.13	0.13.....0.10

Bosimli tunnellar va shaxtalar yoriqqa chidamsiz qoplamalarini armaturalash ularni mustahkamligini ta'minlash hisobiga amalga oshiriladi. Armaturalash foizi yoriq paydo bo'lishi miqdorini maksimal yo'l qo'yilgan miqdori bilan cheklash sharoitiga ko'ra aniqlanadi. (4.2-jadval). Eng ko'p armaturalash miqdori 2% dan oshmaslik kerak. Armaturalashning minimal miqdori 0.5% bo'lib, u qoplama perimetrida yoriqlarni bir tekis joylashish shartiga ko'ra aniqlanadi. Bosimsiz tunnellarini loyihalashda armaturalashning minimal foizi cheklanmaydi.

Bosimli tunnellarini yoriqqa chidamli qoplamalari uchun armaturalashni minimal foizda yumshoq jinslar uchun ($f_{kp} < 4$) 0.3% kam bo'lmagan miqdorda, o'rtacha mustahkamlikdagi jinslar uchun ($f_{kp} \geq 4$) 0.15% kam bo'lmagan miqdorda qabul qilinishi kerak.

Temir - beton qoplamalar armaturasi payvandlangan karkas va to'r ko'rinishida tayyorlanadi. Donali armaturalash judayam murakkab jarayon va yer osti sharoitida uzoq vaqtni oladi. Armokarkaslar butunligicha bajariladi (kichik kesimli tunnellarda) yoki joyida ulanadigan armobloklardan bajariladi (4.5-rasm). Ular yer yuzasida tekis to'rlarni diagonal burchak sterjnlari bilan payvandlab fazoviy bikrlilikni ta'minlovchi qilib tayyorlanadi. Taxlash qulay bo'lishi uchun ularni yetarli bikr qilib konstruksiyalanadi.

Armokonstruksiyani konstruksiyalash hisoblash natijalariga ko'ra amalga oshiriladi.



4.5 - rasm. Baypaza GESi suv keltiruvchi tunneli qoplamasi armokarkasi:

a – armokarkas yig'uv sxemasi; *b* – armokarkas konstruksiyasi;
1 – armokarkas; *2* – ishchi armatura 5 o 32 A-III; *3* – taqsimlovchi armatura 2.5 o 20 A-I; *4* – xomutlar o 10 A-I har 50 sm da joylashgan.

Odatda A-II va A-III sinifdagi diametri 22...40mm armatura sterjning qoplama qalinligida ikki qator joylashtiriladi, bu esa bir

tekisda yoriq hosil bo'lishiga va yoriqni kamroq ochilishiga olib keladi.

Bunda armaturaning ichki qatorini zichroq qilish (armatura umumiy miqdorini 60-65% ga teng) va tashqi qatorga nisbatan katta diametrlı armaturalarnı qo'yish maqsadiga muvofiqdir.

Hisobiy armatura talab qilinmaydigan bosimsiz tunnellar va yetarli mustahkam jinslardagi bosimli tunnellar uchun uni ichki yuzasida bitta to'r qo'yish bilan cheklaniladi. Ishchi armatura oralig'i ko'plab hollarda 12 dan 25sm gacha qabul qilinadi.

Cho'zilgan armatura sterjni tutashgan joylari payvandlanadi va bu payvandlangan nuqtalar ko'p kuch ta'sir qiladigan joyga joylashtirilmaydi.

Cho'zilgan zonaning tutashgan qismida yuzasi asosiy ishchi armatura yuzasini 20% dan kam bo'lmagan qo'shimcha armatura o'rnatish ko'zda tutiladi.

Taqsimlovchi armatura ishchi armatura yuzasining 15% miqdorida belgilanadi va bir tekis yoriq hosil bo'lishini ta'minlash maqsadida tashqi qoplama yuzasiga yaqin qilib o'rnatiladi. Taqsimlovchi armatura diametri 12.....20mm. U tunnel o'qi bo'ylab notekis tarqalgan tog' bosimi ta'sirini qabul qiladi va hisoblar yordamida yoki konstruktiv qabul qilinadi.

Xomut va tortma ko'rinishidagi ko'ndalang armatura konstruktiviyasi siqilgan sterjnlarni barcha yo'nalishlarida yon tomonidan shishidan saqlash uchun mustahkamlanishini ta'minlash, botiq egri qismida joylashgan cho'zilgan armaturalarni beton ichidan chiqib ketishini oldini olish hamda ko'ndalang kuchga ishlashini (bosimsiz tunnel novi va devorlarida) ta'minlashi kerak. Xomutlar bir - biridan 50 sm dan katta bo'lmagan masofada joylashadi, xomut diametri 5...6mm.

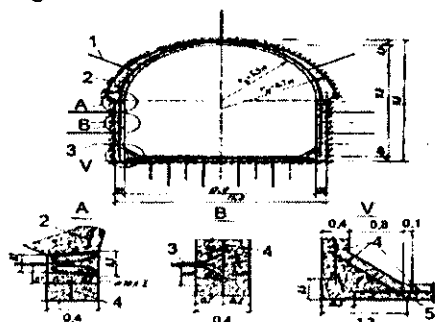
OAJ «Gidroproekt» (Toshkent) instituti (V.F. Ilyuhin) tomonidan yupqa devorli (40 sm) drenajlangan temir-beton qoplama konstruktiviyasi ishlab chiqilgan. Ushbu qoplama mustahkamligi ($f_{k2} \geq 4$) bo'lgan jinslardan o'tuvchi tashqi yer osti suvlarini katta bosimni ta'sirida (1...2MPa) bo'lgan yumaloq bo'lmagan kalta kesimli tunnellar uchun mo'ljallangan (4.6 - rasm).

Yer osti suvlari bosimini kamaytirish uchun shpurli drenaj qo'llanilgan. Shpurli drenaj bu diametri 50 mm li quduq bo'lib, u qoplama orqali 3 dan 6m gacha chuqurlikka qaziladi va har ikkala tomoniga 3-5m masofaga joylashtiriladi. Tunnel devori va qoplama novini ankerlash jinsni konstruktiviyasi bilan birgalikda ishlashini

ta'minlaydi. Chuqurligi 2-3m va oralig'i 1,2....1,5m bo'lgan ankerlar aralash drenajlardan teng masofada uzoqdagi nuqtada joylashtiriladi.

Temir - beton qoplamalarda ishchi armatura uchun betondan himoya qatlami konstruksiyani ishlashini barcha bosqichida armatura va betonni birgalikda ishlashini ta'minlashi kerak hamda armaturani tashqi ta'sirlardan himoya qilishi kerak, masalan suvni agressiv ta'siridan, cho'kindilarni ta'siridan va hokazo.

Quyma temir-beton qoplama ishchi armaturasi uchun beton himoya qatlamini minimal qalinligi 3...5sm. Qurilish tunneli devori pastki qismi va novi beton himoya qatlami qalinligi cho'kindilar ishqalanuvchi ta'siri bo'lganda 10...50sm bo'lib tunneldan foydalanish muddatiga, oqim tezligiga, qattiq oqim miqdoriga, cho'kindilarni o'lchamiga, ularning tarkibiga va b. ko'ra hisoblanadi. Shuni e'tiborga olish kerakki, armaturaning ochilib qolishi qoplamaning buzilish jarayoni tezlashishiga olib keladi.

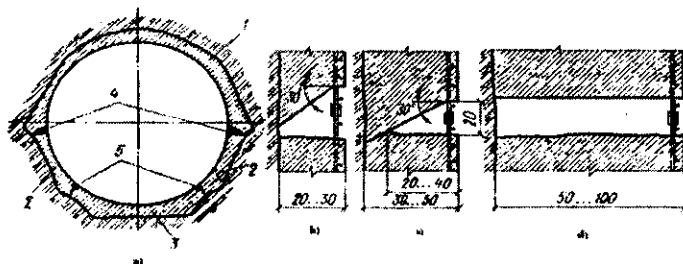


4.6 - rasm. GES qurilish tunneli bosimli uchastkasi ankerlangan va drenajlangan qoplamasi:

1 – shpurli drenaj, uzunligi 3m, tunnel uzunligi bo'ylab har 3m masofada;
2 – ishchi armatura 5o 12 A – II; 3 – temir - beton ankerlar o 32 A – III uzunligi 2m, oralig'i 2x2m; 4 – to'r o 12 A – III katagi 0.2x0.2m; 5 – qurilish choki (ankerlar gumbazida ko'rsatilmagan).

Yoriqli va yoriqqa chidamli temir-beton qoplamalarning yaxlitligini ta'minlash muhim masala hisoblanadi. Ko'p hollarda yaxlit qoplama elementlari tutashish bo'g'ini tunnel gumbazi va devori orasida hamda devor va nov orasida joylashadi. Tutashish joyining xarakterli sxemasi (4.7-rasmda) ko'rsatilgan. Tutash joydagi bo'shliqlarni torkret, quyma beton yoki sement - qum qorishma bilan to'ldiriladi.

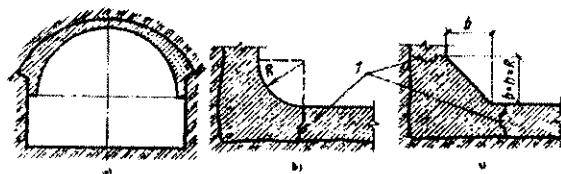
Ikkita to'ra bilan armaturalanganda (simmetrik armaturalash) ishchi chok qoplamani gumbaz qismiga perpendikular bo'lishi kerak. Gumbaz birinchi navbatda betonlanadigan katta kesimli tunnellarda gumbazni devor bilan tutashtirish uchun, gumbaz konstruksiyasini odatda yelkali qilib, yani chiqib turgan tovon kabi bajariladi (4.8. a - rasm).



4.7 - rasm. Yaxlit qoplama elementlari tutashish joyi:

a - ko'ndalang kesim; *b, c, d* - tutashish qismi; 1 - gumbaz; 2 - devor; 3 - nov; 4, 5 - tutashish qismi.

Tunnel devori va novi oralig'ining tutashishini aylana va to'g'ri chiziqli vut shaklida konstruksiyalanadi (4.8. *b, d* - rasm). Qurilish choklari novda (yoki devorida) bevosita vutdan keyin yoki undan biroz masofada foydalaniladigan armakonstruksiyaning ko'rinishi va o'lchamiga ko'ra joylashtiriladi.



4.8-rasm Quyma qoplama elementlarini tutashtirish:

a - tovonni chiqib turgan; *b* - aylana shaklda; *c* - to'g'ri chiziqli (vut); 1 - qurilish choki.

Tutashish yuzasi hamma temir - beton konstruksiyalaridagi kabi ularning yaxlitligini ta'minlash uchun ishlov beriladi. Yoriqqa chidamli qoplamalar choklarida maxsus (qalinligi 1...1,5mm va kengligi 50...60sm bo'lgan metall listlardan hamda rezinadan, profilni polietilendan) ponalardan foydalanish kerak.

Tunnel uchastkasi bo'ylab qoplamani bo'lishi kerak bo'lganda bunday ponalar deformatsiya choklarida ham o'rnatiladi.

Qoplama elementlari orasidagi tutashgan joy bo'shliqlari oldindan qolip yoki maxsus sepma yordamida hosil qilinadi. Bo'shliqlar balandligi 20 – 30 sm. Tutash joylarini qoplamalarni cho'zilgan qismlarida joylashtirish tavsiya qilinmaydi, ularni momentlar epyurasidan aniqlanadigan qoplamani eng kam zo'riqqan joylarida joylashtirish maqsadga muvofiqdir.

Tutashgan joy bo'shlig'idagi armaturani teng mustahkamli payvandlash choklari bilan ulanadi. Ulangan joy bo'shliqlarini to'ldirish uchun purkama betondan (armaturalanmagan tutashgan joy va armatura sterjnlari orasidagi masofa 100mm dan katta bo'lgan armaturalangan tutash joy) yoki quyma betondan (zich armaturalangan tutash joy) foydalaniladi. Qoplama elementlari orasidagi tutash joylar qotgandan so'ng chokda bir - biridan 3m masofada joylashgan naycha orqali sementlanadi.

4.4 Yig'ma qoplama

Tunnel va shaxtalar yig'ma qoplamasi jarayonning industrialashgani, qurilishi ishlarining mexanizatsiyalashgani hamda zavod sharoitida tayyorlangan elementlardan yig'iladigan konstruksiya sifatining yuqoriligi bilan yaxlit qoplamadan afzalliklarga ega. Yig'ma qoplamalar tunnel qurish tezligini oshiradi, ayniqsa, mexanizatsiyalashgan shit yordamida qazilganda. Ko'pgina hollarda yig'ma qoplama bir vaqtning o'zida vaqtinchalik mustahkamlash vazifasini ham bajaradi.

Shu bilan birga gidrotexnika tunnellarida yig'ma elementli qoplamalar hozirgacha cheklangan miqdorda qo'llaniladi. Bunga asosiy sabab qoplama elementlari tutashgan qismlarini suv o'tkazmasligini ta'minlashning qiyinligi va har xil diametrdagi tunnel yig'ma qoplamalarini tayyorlash uchun seriyali ishlab chiqilgan qurilmalarni yo'qligidir. Bosimli tunnellarda yig'ma qoplama qo'llanmasligining sabablaridan biri suvni ichki bosimi ta'sirida qoplama elementlari ajralib ketadi, ularni ulangan joylari qarshisida ichki ko'taruvchi yupqa devorli temir torkret yoki temir-betondan qilingan yaxlit konstruksiyalarida yo'l qo'yilmagan o'lchamdagi yoriqlar paydo bo'ladi.

Butun berkitilgan elementlardan qoplama. Bunday qoplamalar tayyor yoriqqa chidamli temir-beton quvur bo'lagi shaklida bo'ladi, asosan yumaloq bo'lgan ko'rinishlariga misollar bor.

Bunday butunlay berk qoplamalarning afzalligi uni yig'ishni nisbatan oddiyligi, bo'ylama choklarsiz silliq yuza bo'lishi, industrializatsiyalashtirish hisobiga ish suratini yuqoriligiga erishish imkoniyati hisoblanadi. Bunday qoplamalarni qo'llash sohasi 3m gacha bo'lgan diametr bilan cheklanadi, chunki undan kattasi og'ir bo'lib ketadi. Ularni tunnelga tashib keltirish faqat mustahkam jinslarda maqsadga muvofiq bo'ladi; lekin tunnel kesimida me'yordan ortiqcha yuk hosil bo'lishi ehtimoli ham yo'q emasligiga bog'liq.

Kollektorlarni qurishda qator hollarda berk halqani ezish usulidan foydalaniladi, shunday qilib tayyor tunnel hosil qilinadi, bunday tunnelning diametri 3 m dan oshmaydi. Suv o'tkazuvchi quvur metall halqasini ezish kengroq tarqalgan, halqalar uzunligi 1.... 2 m bo'lgan tayyor temir-beton quvurdan foydalanish hollari ham mavjud. Halqalarni ezish ishlari odatda kalta uchastkalari uchun (100 m gacha) qum, gil va boshqa kuchsiz mustahkam bo'lmagan gruntlarda bajariladi.

Yig'ma cho'yan yoki temir-beton gardishli qoplamalar. Metro qurilishida qo'llanilayotgan cho'yan gardishli qoplamalar qutisimon shakldagi bortli va bikr qovurg'ali cho'yan gardishdan yig'ilgan tunnel ichiga qaragan halqadan tashkil topgan. O'zaro va qo'shni halqalar bilan cho'yan gardishlar bolt yordamida yoki shpilka bilan birlashtiriladi.

Halqa kengligi kesib o'tilayotgan jins turg'unligi va tunnel diametriga ko'ra belgilanadi. Mustahkam jinslarda qazilma diametri 6 m gacha bo'lganda, kengligi 100 sm ni tashkil qiladi, kuchsiz jinslarda tunnel diametri 8,5- 9,5 m bo'lganda halqa kengligi 75...50 sm gacha kamaytirilishi mumkin. Cho'yan gardishlar orasidagi choklar kengayuvchi sement bilan berkitiladi. Gardishlar kulrang cho'yandan tayyorlanadi. Har bir gardishni suyanichig'ida qorishma yuborish uchun kesilgan metall qopqoq bilan berkitiladigan teshiklar bor. Cho'yan gardishli halqalar yuk ko'tarish qobiliyati suyanichiq qalinligiga va gardish yon devorlariga bog'liq va 1 dan 3 MPa ni tashkil qiladi (teng tarqalgan yukda).

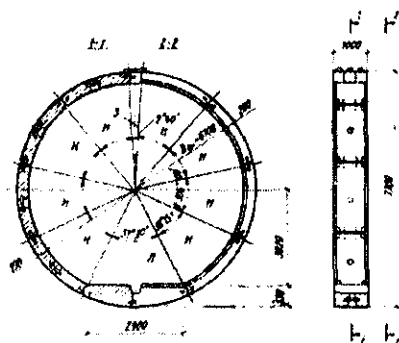
Gidrotexnika tunneli uchun cho'yan gardishli qoplamalar birlamchi hisoblanadi, chunki tunneldan foydalanishni ta'minlash uchun cho'yan gardish tashqi yuzasini beton bilan to'ldirish kerak. Ushbu jarayon murakkab, chunki gardish yon devorlarida qoplama halqasi yuqori qismida va qobiqqqa betonni zich va sifatli qilib tutashtirish juda qiyin.

Temir-beton bloklardan yig'ma qoplamalar 4.9-rasmda «Gidrospeksstroy» instituti tomonidan Dang'ara suv inshootlari bo'g'ini

suv keltiruvchi tunneli uchun ishlab chiqilgan yig'ma qoplama ko'rsatilgan .

«Gidropsstroy» instituti tomonidan Arpa-Sevan tunneliga qo'llash uchun ham 4 MPa yukni ko'tarishga hisoblangan yig'ma qoplama ishlab chiqilgan.

Qoplama tashqi diametri 4,1 m li 12 normal va bitta qulflik blokli halqadan iborat. Temir-beton bloklarni uzunligi 0,55 m , qalinligi 0,5 m bo'lib, u kubikli mustahkamligi 6 MPa bo'lgan betondan bajariladi. Blokni yon tomonida qoplamaning qayishqoqligini ta'minlovchi elastik qistirmalar o'rnatilgan. Bunday qoplamalar juda katta yuklar uchun maqsadga muvofiq hisoblanadi.



4. 9 -raʼsm. Dang'ara irrigatsiya tunneli yig'ma qoplamasi gidrospesproekt konstruksiyasi.

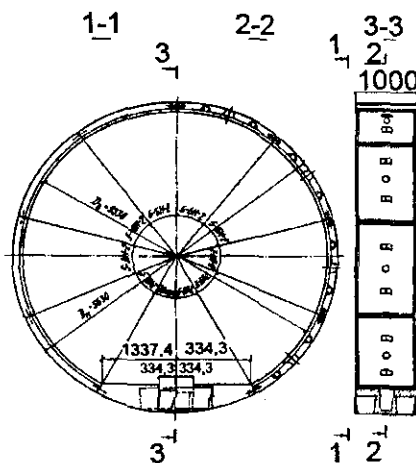
Moskva metro qurilishida eng ko'p tarqalgan silliq ichki yuzali temir-beton blokli unifikatsiya qilingan qoplama ichki diametri 5,2 m va 6 ta normal blokdan, bitta novsimon tekis yuzali va uchta qulfsimon qismdan tashkil topgan .

Bloklar qalinligi 1 m va 0,2 m bo'lib, kubikli mustahkamligi 40 MPa bo'lgan betondan tayyorlanadi.

Qoplama chok bog'lamasdan o'rnatiladi. Bloklarni tutashtirish egri chiziqli silindrik yuza orqali amalga oshiriladi. Bloklar maxsus surma ushlab turuvchi balkali teruvchi yordamida o'rnatiladi. Har bir blokda qoplama orqasiga qorishma yuboruvchi teshiklar bo'ladi. Blokli qoplama 0,4 ... 0,5 MPa yukka mo'ljallangan. So'nggi yillarda yig'ma qoplamalarni jinsga siqiluvchi qator konstruksiyasi ishlab chiqildi. Ular qazilmaning silliq konturi bo'lganda qo'llaniladi bu esa tunnelni

Ushbu konstruksiya kubikli mustahkamligi 40 MPa bo'lgan betondan tayyorlangan, qalinligi 150 mm va kengligi 1000 mm li 8 ta temir-beton bloklardan hamda ikkita novli temir-beton bloklardan tashkil topgan. Qoplamani novda 300...400 kN yukni ko'taruvchi domkrat yordamida siqiladi va pona vavkladish orqali belgilanadi.

Siqilgan qoplamalarni qo'llash tunnel atrofidagi tog' massivi holatini qoplama birdaniga ishga tushishi hisobiga barqarorlashtiradi, to'ldiruvchi sementatsiya hajmini kamaytiradi, qoplamaning o'rnatishni osonlashtiradi va bloklardagi armatura miqdorini kamaytiradi.



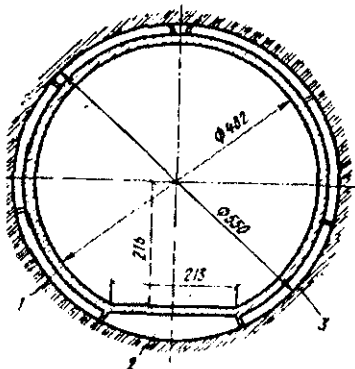
4.10-rasm. Yig‘ma siqilgan qoplama 5-BNL-2.

80

4.5 Kombinatsiyali qoplama

Kombinatsiyali qoplama ikki qavatli konstruksiyadan iborat bo'lib, tashqi halqa tog' bosimiga ishlaydi, ichkisi esa suvni tashqi va ichki bosimini qabul qilishga hisoblanadi. Bosimsiz tunnellar uchun ichki halqa gidroizolatsiya qoplama sifatida xizmat qiladi. Hisoblar yordamida ichki va tashqi halqani birgalikda ishlash xarakteri hisobga olinadi.

Tashqi yig'ma temir-beton halqali va ichki yaxlit temir-beton yoki temir torkret qobiqli qoplama. Bosimsiz tunnelni qalinligi 20 sm li ichki temir-beton qobiqli 8 ta blokli yig'ma qoplamasi xarakterli konstruksiyasi 3,3 km uzunlikdagi Dnepr-Donbass kanali ikkita tunnelida qo'llanilgan (4,11-rasm). Tunnel ko'pchish bosimi 0.15dan 0.6 MPa gacha bo'lgan namlangan gilli jinslardan o'tadi. Qobiq qalinligi 14 sm bo'lib, kubikli mustahkamligi 30 MPa li va suv o'tkazmasligi W8 bo'lgan betondan bajariladi va 6ta diametri 20mm li A-II sinfli sterjen bilan armaturalangan.



4.11 - rasm. Bosimsiz tunnelni kombinatsiyali qoplamasi:

- 1- quyma temir-betondan qalinligi 14sm li ichki halqa; 2- novli blok; 3- yig'ma temir-betondan qalinligi 20sm li tashqi halqa.

suvoq ko'zda tutilgan.

Lengiprotransning yig'ma siqilgan qoplamasidan kuchsiz jinslarda shitli usulda qurilayotgan bosimli tunnel tashqi halqasi kombinatsiyali qoplamasi sifatida foydalanish Hidroproekt ilmiy tadqiqot bo'limi tomonidan tavsiya qilingan. Ichki halqa qalinligi 15sm li yoriqqa chidamsiz temir-beton qoplamadan iborat. Tashqi halqaning siqilishi hisobiga jinsda ekspluatatsiya yuklari

ta'sirida ichki halqada yoriqlar paydo bo'lishi keskin kamayadi. Qoplama gilli jinslardan o'tuvchi ($f_{kr} \leq 3$) Zelenshug GESi bosimli tunnelida ($r=0.8\text{MPa}$) qo'llash uchun loyihalangan.

Qoplama tashqi va ichki halqasi orasiga betonni blok bilan tutashishiga qarshilik qiluvchi va temir-beton halqada birtekisda yoriqlar hosil bo'lishiga imkoniyat yaratuvchi bitumli

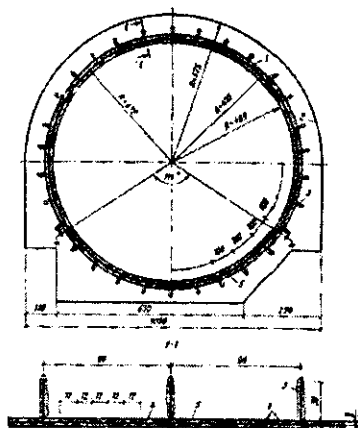
Kuchsiz jinslarda shitli usulda qaziladigan bosimsiz va kuchsiz bosimli tunnellarda temir-beton bloklardan va ichki qobig'i gidroizolatsiya maqsadida temir-torkret (armatura to'rga bajarilgan torkret) tashkil topgan yig'ma qoplamalarni ham qo'llash mumkin.

Yer osti suvlari bo'lmaganda ko'pchish va qabarishga duchor bo'lmaydigan jinslarda yuk ko'taruvchi temir-torkret halqa o'rniga 100x100 mm katakli diametri 4...6mm li armatura to'ri ustiga bajarilgan qalinligi 4...5smli torkret qoplama bilan cheklanish mumkin.

Tashqi quyma beton halqali va ichki temir-torkret qobiqli qoplama. Tashqi beton va ichki temir-torkret halqadan tashkil topgan bunday qoplama tipi (4.12-rasm) qarshi zarba koeffitsiyenti o'rab turgan jins tomonidan ichki bosimning ko'pgina miqdorini (odatda $K_0 \geq 2000 \text{ N/sm}^3$) qabul qilish uchun yetarli bo'lganligi bilan xarakterlanadigan o'rtacha mustahkamlikdagi ($f_{kr} \geq 4$) yoriqli jinslardan o'tuvchi bosimli tunnellarda qo'llaniladi.

Temir-torkret halqa qalinligi 5...12sm ga teng qabul qilinadi va u bir necha qavat qilib bajariladi. Betonni torkret bilan tutashishi suvdan bo'shagan holatdagi tunnelda yer osti suvlari bosimini (1MPa gacha va undan ko'proq) ta'siriga chidashi uchun yetarli bo'lishi kerak.

Temir-torkret halqani armatura-lash torkretlash texnologiyasini hisobga olib bajariladi. Eng samarali yechim tayyor payvandlangan arma-turalarni qo'llash hisoblanadi. Armatura karkasini titrashining oldini olish va materialni chiqishini kamaytirish uchun, armatura sterjnlari diametri 8...14mm (har ikkala tomonga) bo'lishi kerak. Ishchi armatura oralig'i odatda 10...20sm ni, taqsimlovchi armaturaniki esa 15...20sm ni tashkil etadi. Hamma hollarda temir-torkret halqani armaturalashni minimal foizi 1%dan kam qabul qilinmasligi kerak.

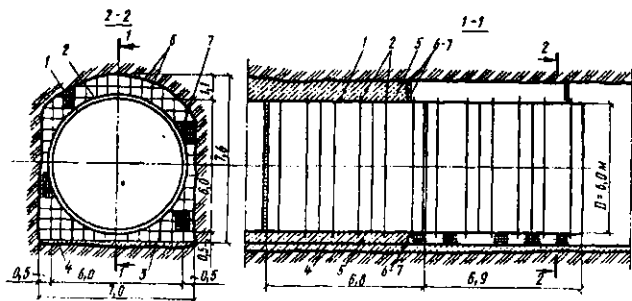


4.12- rasm. Tashqi quyma beton halqali va ichki temir-torkret qobiqli qoplama kombinatsiyasi :

- 1- ishchi aylanma armatura;
- 2- beton;
- 3- ankerlar;
- 4- taqsimlovchi bo'ylama armatura;
- 5- torkret.

Kerakli hollarda yangi yotqizilgan torkret tekislanadi, bu esa g'adir-budirlik koeffitsiyentini 0.016...0.018 dan 0.013...0.015 gacha kamaytirish imkoniyatini beradi.

Tashqi quyma beton qoplamasi va ichki po'lat qobiqli qoplamali konstruktsiya. Metall kamyob bo'lganligi tufayli bunday tipdagi qoplamadan foydalanishga tunnelni suv o'tkazmasligini ta'minlash kerak bo'lgan alohida hollarda istisno tariqasida yo'l qo'yiladi. Ko'p hollarda ushbu konstruktsiya tunnel va shaxtalarda (quvurlarda, tenglashtiruvchi rezervuarlarda) mustahkamligi o'rtacha miqdordan kam bo'lgan jinslarda bosim 1 MPa dan katta bo'lganda, tektonik buzilishlar uzun masofaga cho'zilgan uchastkalarda va yer yuzasiga chiqishga yaqin joylarda qo'llaniladi. Qoplamaning asosiy qismi metall qobiq (quvur) hisoblanadi, qobiq bilan qazilma konturi orasi quyma beton bilan to'ldiriladi (4.13 - rasm).



1- qobiq; 2- birklik qobirg'asi; 3- yig'uv moslamalari; 4- beton to'shama; 5-quvur ortidagi beton (qoplama tashqi halqasi); 6,7-karkasli to'rsimon qolip.

83

D, m 4 va kamroq 4,2... 8,5 9... 11 11,5... 13,5 14
va kattaroq

δ , mm . . . 10 12... 14 16... 18 20... 22 24

Listlar bir biriga flyus qatlami tagida avtomatik payvandlashni qo'llab, list qalinligi 20mm dan katta bo'lganda elektrshlakli payvandlashni qo'llab payvandlanadi. Payvandlangan listlar kengligi 1,5 . . 2,5m li gardish hosil qiladi. Yer yuzasida bunday gardishlarni bir-biriga payvandlab tunnel diametri va yig'uv qurilmasiga bog'liq bo'lgan uzunligi 5 . . 12m li yig'ma bo'laklar hosil qilinadi. Uzunligi bo'yicha diametri o'zgaruvchi qobiqlar bir xil diametrlil uchastkalarga bo'linadi. Bir diametrdan ikkinchisiga o'tish konik gardishlar yordamida amalga oshiriladi. Agar yupqa qobiqning yuk ko'tarish qobiliyati tunnelda suv bo'shatilganda yer osti suvlari bosimi ta'siriga chidamli bo'lmasa, u holda qobiq tashqi aylanma bikrlilik qovurg'asi bilan loyihalanadi. Ushbu bikrlilik qovurg'asi qalinligi 20....30mm, balandligi 200....400mm li tasmasimon (yoki kesimli prokat)listdan bajariladi va quvurni uzunligi bo'yicha hisoblar bilan aniqlanadigan har xil masofada (0,3dan 2gacha ichki radiusda) payvandlanadi. Bo'laklarni o'rnatgandan so'ng joyida aylanma choklar payvandlanadi. Quvur va jins orasidagi masofa qoplamani tog' bosimiga ishlashini hisobga olib aniqlanadi. Undan tashqari ushbu o'ichamlar payvandlash ishlarini qulaylik shartiga ko'ra belgilanishi kerak (4.2-jadval).

4.2- jadval

Qazilma	Birtomonlama payvandlash (metall qalinligi <30mm,sm)	Ikkitomonlama payvandlash (metall qalinligi $\geq$ 30mm,sm)
Tunnellar	20	80
Shaxtalar	10	50

*tunnelning pastki qismida oraliq 50 sm ga teng.

Quvur orasidagi bo'shliq plastik yoki quyma beton bilan to'ldiriladi. Bu esa qoplamani titratmasdan va sementatsiyalmasdan talab qilingan sifatda bajarish imkoniyatini yaratadi.

4.6 Qoplama tipini tanlash

Gidrotexnika tunnellari shaxtalar qoplamasi tipini jins xarakteristikasi va ichki suv bosimiga ko'ra tanlash bo'yicha tavsiyalar 4.3- jadvalda keltirilgan. Har bir guruh atrofida qoplama turini tanlash (jins mustahkamligi va bosim bilan cheklangan) aniq hollarda konstruksiyani qayd etilgan variantlarini texnik-iqtisodiy taqqoslash yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunda shuni hisobga olish kerakki, har bir qoplama ma'lum bir texnik cheklavlarga ega. Jadvalda yulduzcha bilan belgilangan qoplamalar ushbu sharoitda faqat eksperimentlar yordamida tekshirilgandan so'ng qo'llanilishi mumkin.

Jinsning tavsifi	Tunneldagi (shaxtadagi) suv bosimi		
	Bosimsiz va bosim 30 m gacha bo'lganda	30....100 m bo'lganda	100m dan katta bo'lganda
Mustahkam jinslar, $f_{kr} > 8$, $K_0 > 5000 \text{ N / sm}^3$	Purkama betondan Yaxlit betondan Ankerlangan drenajlangan armaturalangan betondan	Purkama betondan Yaxlit betondan Yaxlit betondan jinsni mustahkamlovchi sementatsiyalab Kombinatsiyali tashqi yaxlit beton halqali va ichki temir torkret qobiqli	Purkama betondan Yaxlit betondan yoki temir betondan Yaxlit betondan jinsni mustahkamlovchi sementatsiyalab Kombinatsiyali tashqi yaxlit beton halqali va ichki temir torkret qobiqli
O'rtacha mustahkamlikdagi jinslar, $f_{kr} = 4....8$, $K_0 = 2000... 5000 \text{ N / sm}^3$	Purkama betondan Yaxlit betondan yoki temir betondan Yaxlit presslangan betondan Ankerlangan drenajlangan temir-betondan	Yaxlit betondan jinsni mustahkamlovchi sementatsiyalab Yaxlit temirbetondan (shu jumladan ankerlangan) Kombinatsiyali tashqi yaxlit beton halqali va ichki temir torkret qobiqli kombinatsiyali tashqi blokli halqali, jinsga siqilgan va ichki temir-	Yaxlit temirbetondan jinsni mustahkamlovchi sementatsiyalab Kombinatsiyali tashqi Yaxlit beton halqali va ichki kuchlangan temir torkret qobiqli Kombinatsiyali tashqi yaxlit beton halqali va ichki temir po'lat qobiqli Yaxlit beton halqali,sementatsiya bilan

	beton qobiqli yaxlit lateks yoki boshqa past modelli betondan	siqilgan*
Yumshoq jinslar $f_{kr} < 4, K_0 < 2000 \text{ N / sm}^3$	Yaxlit betondan yoki temir-betondan (bosimsiz tunnellar uchun), yaxlit presslangan betondan (bosimsiz tunnellar uchun) Temir-beton bloklardan (shu jumladan jinsga siqilgan) yoki tyubingdan (beton to'ldirilgan) bosimsiz tunnellar uchun yig'ma qoplama	Yaxlit temir-betondan jinsni mustahkamlovchi sementatsiyalab Kombinatsiyali tashqi yig'ma yoki yaxlit beton halqali va ichki po'lat qobiqli Kombinatsiyali tashqi yaxlit temir-beton halqali va ichki po'lat qobiqli

V bob. KAMERA QAZILMASI QOPLAMASI

5.1 Umumiy ma'lumotlar

Kamera qazilmalari yer osti gidrotexnika qurilishida keng tarqalgan. Kameralarda GES av GAES mashina zallari, transformatorlar, nasoslar, zatvorni boshqarish xonalari, har xil yer osti omborlari (portlovchi modda yonilg'i moylash materiallari qurilmalar) elektrovoz uchun zaryadlash xonasi, tenglashtiruvchi rezervuarlar joylashtiriladi.

Kamera qazilmasini ishonchli qoplamasini yaratish ushbu inshootlarni mas'ulligi va yer osti konstruksiyalarinining ishlashini o'rganishning va yuklarni aniqlashning murakkabligi bilan bog'liq.

Tog' massivida yirik sun'iy bo'shliqni hosil qilish jarayonida uning kuchlanganlik holatining uzluksiz o'zgarishi yuz beradi. Kamera qazilmasi atrofida gravitatsion yoki tektonik kuchlanish ta'sirida va portlatish ishlari ta'sirida asta-sekin yangi zona hosil bo'ladi, ushbu zona ichida jinslar kamera qurulguncha jinslarni xossalariidan farq qiladigan yangi xossalarga ega bo'ladi. Ushbu o'zgarishlar natijasida jinslar ko'plab hollarda chegaraviy holatga o'tadi. Tog' massivi har xil yo'nalishda har hil xarakteristikali qatlam va yoriqlardan iboratligini hisobga olsak, u holda ma'lumki, kamerani qazishda ba'zan undan foydalanish davrida ochilgan yuzalar butunligicha yoki alohida cheklangan uchastka va bloklari turg'unligining yo'qotilishini ma'lum bir ehtimoli mavjud. Undan tashqari shuni e'tiborga olish kerakki, ko'pincha massiv yer osti bosimli suvlari ta'sirida bo'ladi va kamera qazilganda gidrodinamik bosim hosil bo'ladi va ushbu bosim alohida jins bloklarini turg'unligini yo'qolishiga imkoniyat yaratadi.

Yuqorida aytilganlar yirik yer osti inshootlarida tog' qazish ishlarini bajarishda va doimiy qoplamani tanlashda alohida ehtiyotlik talab qiladi. Qoplama tipi va parametrlarini tanlash tog' massivi kuchlanganlik holati, injenerlik - geologik sharoiti, qazilmaning vazifasi va uning o'lchamlariga bog'liq. Odatda qoplama tipini tanlash bo'yicha tavsiyalar loyihalash davrida maxsus hisoblar va tadqiqotlar asosida ishlab chiqiladi. Ushbu hisoblar qoplamaga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan yukni hisoblash va tog' jinsi chegaraviy holati zonasi chuqurligini perimetri bo'ylab aniqlash imkoniyatini yaratadi, bu esa

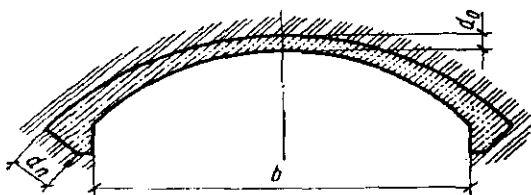
mustahkamlagich parametrlarini belgilashning zarur sharti hisoblanadi.

Ankerli mustahkamlagich qazilma gumbazida ko'taruvchi jins gumbazini hosil qiladi. Vertikal devorlarda bunday gumbaz hosil bo'lmaydi, shuning uchun qazilmaning turg'unligini yo'qolishi nuqtayi nazaridan katta xavf tug'diradi. Baland devorlarda yoriqlar va qatlamlardan alohida yirik bloklarni o'pirilib tushish xavfi ankerlarni to'g'ri joylashtirish bilan bartaraf etiladi.

Kamera qazilmalari asosiy qoplamalari quyidagilar hisoblanadi: temir -betondan har xil chuqurlikdagi odatdagi ankerli gumbaz va devor qoplamasi; gumbazning temir-beton qoplamasi; devorning (ba'zan gumbaz ham) oldindan kuchaytirilgan chuqur ankerli purkama - beton qoplama bilan birgalikdagi qoplamasi.

5.2 Temir-beton va oddiy anker qoplamalar

Gumbaz qoplamasi. Gumbazning xarakterli qoplamasi yaxlit temir-betondan (alohida hollarda betondan) to'voni kengayuvchi va jinsga kirib turuvchi uzluksiz konstruksiya ko'rinishida bo'ladi (5.1 rasm).



5.1-rasm. Tovoni kengayuvchi gumbaz.

Ushbu gumbaz to'voni bilan jinsga yumshoq qisilgan sharnirsiz arka kabi hisoblanadi.

Amaliyot ma'lumotlar asosida gumbazning dastlabki parametrlarini 5.1- jadvaldan aniqlash mumkin (bu jadvalda V_0 qazilma kengligi; d_0 va d_n gumbazning tepasidagi va tovonidagi qalinligi).

Masalan, Germaniyadagi Markersbax yer osti GAESi mashina zali mustahkam o'tilib chiqqan jinslardan o'tadi ($f_{kr} > 4$), zal kengligi $V_0=24m$. Tepa qismining qalinligi $d_0=0.8m$, to'voni qalinligi $d_n=1,5m$ bo'lgan temir-beton gumbaz qabul qilingan.

Kengligi $B_0 > 15m$ bo'lgan qiyshiq devorli qazilmalar uchun yumshoq jinslarda V_0/d_0 yuqori chegarasi 20 gacha ortadi, O'rtacha mustahkamlikdagi jinslarda esa quyi chegarasi 12ga kamayadi.

Agar yumshoq jinslarda $B_0 \leq 15\text{m}$ bo'lganda gumbaz kuchi butunlay devorga uzatilsa, u holda d_n/d_0 nisbat oralig'i 1,1.....1,0 gacha kamayishi mumkin. Bunday holat o'rtacha mustahkamlikdagi va mustahkam jinslarda $B_0 > 15\text{m}$ da bo'lishi mumkin.

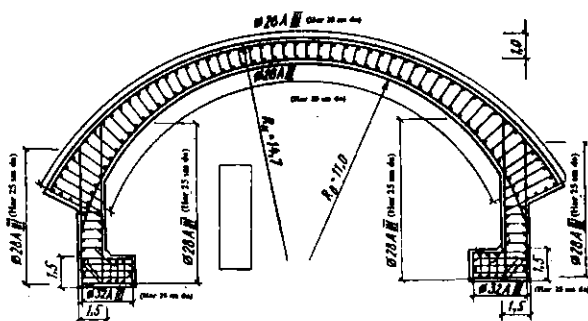
Qoplama tarkibiga odatda ankerli mustahkamlagich va kamerani qurish jarayonida vaqtinchalik konstruktsiya sifatida foydalaniladigan to'r ustiga sepidiladigan purkama beton kiradi.

5.1- jadval

Jinslar mustahkamlik koeffitsiyenti (Protodyakonov bo'yicha)	B_0 / d_0	Qazilma kengligini quyidagi miqdorlarida d_n/d_0 nisbatining qiymati	
		$B_0 \leq 15\text{m}$	$B_0 > 15\text{m}$
Mustahkam	20.....30	1.....1,5	1,5....2
O'rtacha mustahkam	15.....20	1.....2,0	1,5....2,5
yumshoq	10..... 15	1,5....2,5	1,5.....3

Juda mustahkam jinslar massivida ushbu ankerli mustahkamlagich bilan cheklanib qolinadi va beton gumbaz qilinmaydi, ushbu holat Verxne-Tulom GESi mashina zalida uchraydi.

Kran osti to'sini gumbaz bilan qo'yilgan osma tayanchdan foydalanishi hisobiga kran osti to'sini ostidagi ustunni ham bajarmaslik mumkin. Shunday gumbazni armatura rasmi 5.2- rasmda keltirilgan.

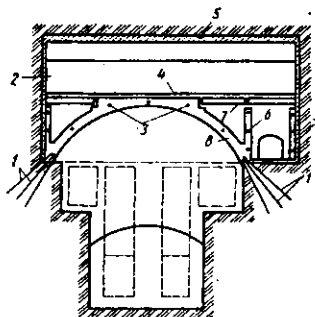


5.2-rasm. Osilib turuvchi tayanchli gumbazni armatura rasmi.

Xuddi shunga o'xshash gumbaz konstruksiyasi Inguriya, Jinvalsk, Xoabin GES lari hamda qator boshqa kamera qazilmalarida qo'llanilgan.

Ushbu konstruksiyani samaradorligi aniq bo'lishiga qaramasdan qator sabablarga ko'ra yetarlicha murakkablikka ega. Jumladan kamera yuqori qismi qazish garizonti sathida hosil bo'ladigan gumbazni tayanch bilan tutashgan joyini yaxlit qilib sifatli tutashtirishni ta'minlash hamda tayanchlar tubida jinsni butun saqlash qiyin.

Gidroproyekt institutini O'zbekistondagi bo'limi tomonidan kamera qazilmasi devori qoya pog'onasida joylashgan kran osti temir-beton to'sini qoplamasi hamda kran osti ustunisiz konstruksiyasi ishlab chiqilgan. To'sin o'zini yon tomoni bilan qoya devorga, tog' massiviga buklab o'rnatilgan yuk ko'taruvchi po'lat anker bilan mustahkamlangan. Anker oxiri to'sin atrofida armatura karkasi bilan birlashtirilgan, past tomonidan temir - beton to'sin kamera qazilmasi kuchsiz armaturalangan tekislovchi qoplama devori bilan mahkamlangan (5.3-rasm).



5.3-rasm. Kamera qazilmasi kran osti to'sini va devorining qoplamasi:

1-sterjenli ankerli tayanchlar; 2 – zatvor ko'tarish mexanizmlari yer osti xonasi; 3- ankerlar; 4- rels; 5- kamera gumbazi qoplamasi; 6- ustunlar; 7- kran osti balkasi; 8-arka.

Temir-beton gumbazida uni devor bilan tutashtirish uchun kamera yuqori qismini qazishda armaturalar chiqarib qoldiriladi, u gumbazni betonlashdan oldin hosil bo'ladigan qumli to'shama to'voni tubiga kiritiladi.

Gumbaz jinsga domkrat yordamida siqilgan yig'ma temir-beton bloklardan bajarilishi mumkin.

Yer osti mashina zallari gumbazi qoplamasi konstruksiyasiga gumbazga ilib qo'yiladigan filtratsiyalanadigan jinslarda kamera gidroizolatsiyasi uchun xizmat qiladigan qo'shimcha ichki shift ham kiradi. Osma gumbaz materiali uchun asbosement, armosement yoki temir-beton plitalar, to'liqinsimon po'lat, bitum qoplama va h. ishlatiladi.

Devor qoplamasi. Nisbatan uncha katta bo'lmagan o'lchamdagi kamera qazilmasi devorini, kamera mustahkam, turg'un, kuchsiz yoriqli qoya jinslarda joylashganda mustahkamlanmasa ham bo'ladi.

Bunday jinslarda odatda jins devoridan 1m masofa qoldirib faqat bezakli devor (ko'p hollarda temir-beton plitadan) qilinadi. Ushbu devor yer osti xonasini tog' jinslarining uncha katta bo'lmagan bo'laklarini uzilib tushishidan va suv kirishidan himoya qilish uchun, devor bilan tog' jinsi oralig'i esa drenaj va shamollatish uchun xizmat qiladi.

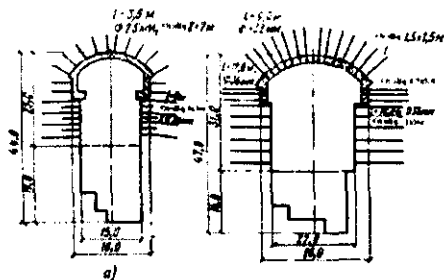
Mustahkam, turg'un, lekin yoriqli va nurovchi jinslarda kamera devorini nisbatan katta bo'lmagan o'lchamdagi odatdagi temir-beton ankerlar bilan mustahkamlash mumkin va purkama beton bilan berkitish yoki yupqa (20 -30sm) kuchsiz armaturalangan himoya devorini qoya toshga ankerlab qurish mumkin.

Anker o'lchamini va joylashish sxemasini tanlashda shuni e'tiborga olish kerakki, devorni eng kuchlangan joyi gumbaz to'voni rayoni va kamera pastki qismi hisoblanadi. Ushbu joyda mustahkam jinslarda ham kuchlanishni to'planishi va yoriqlar va uzilib tushishlar hosil bo'luvchi plastik deformatsiyalar hosil bo'lishi mumkin. Ushbu holatlar, ayniqsa, gumbaz tovonida hosil bo'lishi alohida xavf tug'diradi, chunki ushbu joyda jinsni buzilish avariya holatini keltirib chiqaradi.

Jinsda yorig'larning kattalashishini o'z vaqtida ankerlar o'rnatib oldi olinadi. Ankerlarni kamerani yuqori qismidan boshlab pastga qarab pog'onani qazish bilan barobar o'rnatilib borilishi kerak. Kameraning eng pastki qismiga anker o'rnatmasa ham bo'ladi.

Ankerlar soni hisoblar yordamida aniqlanadi, taxminan devorning $2....3m^2$ yuzasiga uzunligi 3....4m li bitta anker o'rnatishni tavsiya qilish mumkin, yo'naltirilgan tektonik yoriqlar bo'lganda ushbu yoriqlarni kesib o'tuvchi anker uzunligi 5....10m gacha uzayishi mumkin.

Alohida hollarda yuk ko'tarish qobiliyati 300.....1000 kN bo'lgan 8-15 m chuqurlikdagi temir-beton ankerlarni kamera qazilmasini butun perimetri bo'ylab o'rnatiladi, so'ngra jins usti purkama beton bilan berkitiladi. Bunday yechim, masalan Jinval va Kolim GES lari yer osti mashina zallari doimiy qoplamasi uchun qabul qilingan (5.4 rasm).



5.4-rasm GES yer osti mashina zallari chuqur ankerlar bilan mustahkamlash sxemalari:
a- Jinval GES i;
b- Kolim GES i.

Purkama beton qoplama qalinligi 8 ...15 sm ni tashkil qiladi. Purkama beton va anker birikmali qoplama kamera vaqtincha qoplama sifatida va ancha kuchsiz jinslarda qo'llaniladi.

Ko'priksimon kran xizmat qiladigan mashina zallari zatvor joylari transformator va boshqa kameralarda kran osti ustuni alohida hollarda devorni mustahkamlash uchun ishlatiladi. Ushbu maqsadlar uchun kran osti to'sini vertikal ustunni qoyaga ankerlanadi va bunda karkas hosil bo'ladi. Ushbu karkas jinsda yoriqlar va qatlamlar bo'ylab siljish hosil bo'lishidan himoya qiladi.

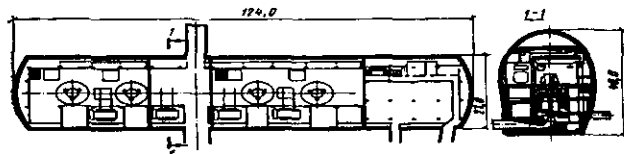
Lekin shuni qayd qilish kerakki, ushbu yechim faqat jinsning kamera atrofida siljishi stabillashgandan so'ng amalga oshirilishi mumkin, chunki ustun jins bilan birga siljimasligi kerak, ular kran osti to'sinini himoya qilish uchun mo'ljallangan va qo'zg'almas bo'lishi kerak.

Chuqur oldindan kuchaytirilgan ankerlardan kamera devorini mustahkamlash uchun foydalanish yanada to'g'riroq yechim bo'lib hisoblanadi.

Yetarlicha mustahkam va turg'un bo'lmagan jinslarda ushlab turuvchi devori 0,4-1m qalinlikda yaxlit temir-betondan 4...6m balandlikda bajariladi va ular jinsga anker yordamida mustahkamlanadi.

Yumshoq buzilgan jinslarda kamera gumbazi va devori yaxlit temir-betondan egri chiziq shaklida bitta konstruksiya ko'rinishida bajariladi (5.5 rasm). Bunday qoplama qalinligi hisoblar yordamida aniqlanadi odatda u 7m dan ko'proq bo'ladi.

Kameraning planida yon tomoni ham egri chiziqli ko'rinishga keltiriladi. Kamerani bunga o'xshash injenerlik-geologik sharoitlarda yer osti ishlarini bajarish qiyinligi va konstruksiyani narxi yuqoriligi uchun qurmaslikka harakat qilishi kerak, lekin oxirgi yillarda bunday sharoitda, chuqur oldindan kuchaytirilgan ankerlar purkama beton bilan birgalikda muvaffaqiyatli qo'llanilyotganiga misollar mavjud (GAES Valden - II Germaniya).



5.5-rasm. Poromka –Jar GESi (Polsha) yer osti mashina zali egri chiziqli shakldagi ko'ndalang kesimi va yon devorlari.

Shuni qayd qilish kerakki, yer osti mashina zallari devori qoplama-si gumbaz tovonida pol sathigacha bajariladi, chunki poldan pastga qoya devorlar turbina ishchi parragi, generator osti konstruksiyasi va so'ruv-chi quvur atrofidagi suv ostidagi beton massivga mustahkamlanadi.

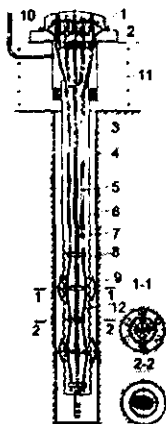
Foydalanish davrida mashina zalini shamollatish masalasi yuqorida qayt qilganimizdek, asosiy va bezak devor va gumbaz oralig'ida bo'shliq hisobiga yechiladi.

5.3 Purkama-beton va oldindan kuchaytirilgan ankerli qoplama turini tanlash

Oldindan kuchaytirilgan ankerlar. Odatdagi ankerli mustahkam-lagich faqat qoya massivida qandaydir deformatsiya hosil bo'lganda ishga tushadi, oldindan kuchaytirilgan ankerli mustahkamlagich ushbu deformatsiyani kamaytiradi, asosan ankerlarni tortish bilan tog' jinsini faol ishga tushirib yuboradi.

Bunday mustahkamlagich yuqorida qayd qilganimiz kabi butun kamera qazilmasi atrofida yoki uning bir qismida yuk ko'taruvchi siqilgan jins zonasini hosil qiladi. Ushbu zona o'z og'irligidan hosil bo'lgan yukni va yuqoridagi jins bosimini qabul qiladi, qazilmaga tutashgan tog' massivida jinsni har qanday ko'chishiga qarshilik ko'rsatadi.

Oldindan kuchaytirilgan ankerlarni ko'plab konstruksiyasi ishlab chiqilgan, ulardan eng keng tarqalgani sim arqonli ankerlar (yuqori mustahkam sim tutami) va alohida sterjenlardir.



5.6-rasm Oldindan kuchaytirilgan sim arqon anker:

- 1- anker shayba; 2- anker plita; 3- zichlagich;
4- burg'u qudug'i; 5- polietilen quvur ichiga joylashtirilgan korroziyaga qarshi ishlov berilgan sim arqon; 6- metall qopqoq; 7- inyeksiya uchun quvur;
8- qovurg'ali quvur; 9- fiksator;
10- havoni olib ketuvchi naycha; 11- kirish tayanchi;
12- surkamasiz sim arqon.

Yuk ko'tarish qobiliyati 1000 kN bo'lgan sim arqonli ankerning xarakterli konstruksiyasi 5.6-rasmda ko'rsatilgan. Anker diametri 105 mm li quduqqa o'rnatiladi va 7 simli sim arqondan (armatura tutami), tashkil topgan. Sim arqon diametri 5mm VrII sinfdagi yuqori mustahkam to'qilgan sim o'ramidan iborat; arqonning diametri 15mm, uzulishga mustahkamligi 220kN. Anker 5.....10 arqondan (ankerni yuk ko'tarish qobiliyati arqonni soniga qarab aniqlanadi) yoki yuqori mustahkamlikdagi diametri 7...9 mm sim tutamidan tashkil topgan.

Doimiy ankerlar uchun yuqori chidamli sim yoki arqondan foydalanish ularni yuqori darajada korroziyadan himoya qilinishini ta'minlashni talab qiladi. Uzoq muddat foydalanish uchun korroziyadan ikki tomonlama himoya qilingan arqondan foydalanish talab qilinadi.

Masalan, 7.6-rasmda ko'rsatilgan ankerda korroziyaga qarshi himoyani ishonchliligi sement qorishma to'ldirilgan konus (teshikli quvur) ishlatilishi bilan kafolatlanadi.

Xizmat muddati qisqa bo'lgan vaqtinchalik ankerlar uchun korroziyadan himoya qilishning oddiy usulidan - quduqni sement qorishma bilan to'liq inyeksiya qilib foydalaniladi.

Chuqur oldindan kuchaytirilgan ankerlarni o'rnatishda birin - ketin quyidagi jarayon bajariladi. Quduqni qazich, quduqni anker o'rnatishga tayyorlash, ankerni yig'ish va uni quduq ichiga tuchirish, ankerni tutashgan (qulf) qismini yaxlitlash, tayanch og'zini betonlash, ankerni tortish va quduqqa qorishmani uzatish.

Qazilgan quduqni tayyorlashda dastlab tozalanadi, so'ngra presslanadi. Quduq suv shimuvchanligi har metriga bosim 1MPa bo'lganda 1l ko'p bo'lsa quduq so'ngi qismini 5m uzunlikda sementatsiyalanadi.

Ankerlarni yig'ishni maxsus poligonda bajariladi, arqonni tozalanadi va unga korroziyaga qarshi qoplama (bitum, lak- bo'yoq va b.) suriladi yoki polietilen qobiq kirgiziladi.

Yig'ilgan ankerni yuk ko'tarishi 10kN gacha bo'lgan yengil chig'ir yordamida quduqqa tushiriladi.

Ankerning tayyor qismiga qorishmani qorishma nasos (unimdorligi $2 \text{ m}^3 / \text{s}$ bo'lgan) orqali markaziy quvur orqali ankerni quduqqa o'rnatilgandan so'ng darhol yuboriladi. Shundan so'ng tayanch og'zini armokarkasi qolip bilan yig'iladi, uni jinsga kalta ankerlar yordamida mahkamlanadi unga beton qorishma to'kiladi va tebratiladi.

Tutashgan (qulf) qismi kerakli mustahkamlikka erishgandan so'ng (hisobiy mustahkamlikni 70%) anker tortiladi. Arqonli anker butunli-

gicha yoki har bir sim alohida domkrat yordamida tortiladi va ponasimon qisqich yordamida ankerli shayba bilan mahkamlanadi.

Anker ishchi qismi xuddi qulfli qismi kabi yaxlitlanadi. Qorishmani markaziy quvurdan yuboriladi va quduq og'zida qorishma paydo bo'lganda to'xtatiladi. Kameradan foydalanish jarayonida devor jinslarini ko'chishi natijasida ankerlarni bir qismi tortiladi, bir qismi bo'shatiladi. 5.6- rasmdagi ankerni yuk ko'tarish qobiliyatini boshqarish anker barcha arqonlarini bir vaqtda tortish hisobiga ta'minlanadi.

Arqonli ankerlar ikkita tipga bo'linishi mumkin – oxirgi qismi xuddi yuqorida aytib o'tilganidek tog' massiviga mahkamlangan va har ikkala uchi ochiq va qo'shni qazilmaga chiqib turadigan. Uchi ochiq ankerni konstruksiyasi sodda, chunki uning qulfli qismi oxirgi qismiga o'xshash. Har ikkala tomonga kesib o'tuvchi ankerning afzalligi uning tortish imkoniyatini mumkinligi va o'rnatilgandan so'ng darhol ishga tushishidir, undan tashqari bunday ankerni uzunligi boshqa tipdagi ankerlarga nisbatan kattaroqligidir.

GES va GAES mashina zallarida uzunligi 10...20m kamera balandligi bo'yicha oralig'i 3m dan 4m gacha, uzunligi bo'yicha oralig'i 3dan 6m gacha bo'lgan ankerlardan foydalaniladi.

Odatda $\epsilon_0 = (0.6 \pm 0.2)B_0$ yoki $\epsilon_0 = (0.5 \pm 0.2)H$ bunda ϵ_0 - anker uzunligi V_0 va N kamera kengligi va balandligi. Anker tortish kuchi 300 dan 1700 kN gacha.

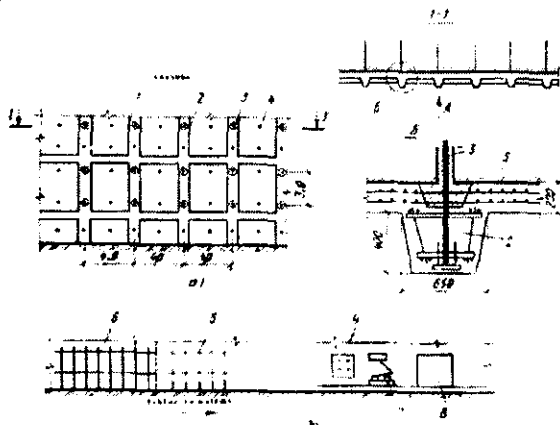
Purkama-beton qoplama. Ko'p hollarda kamera qazilmalarida ankerlar purkama-beton qoplama bilan birgalikda qo'llaniladi.

Ushbu qoplama qalinligi 8...15 sm bo'lib bevosita jinsga yoki metall to'r ustiga bajariladi. Kuchli buzilgan jinslarda qalinligi 3.... 7 sm li birinchi qavat purkama-beton qoplamadan so'ng uning ustiga sim to'r ilinadi (to'r 10sm katakdan, sim diametri 3...5mm yoki zirxli kataklari 2sm sim diametri 1mm) va u jinsga mahkamlanadi.

To'r ustiga qalinligi 5...9 sm li purkama beton suriladi so'ngra 2 qavat to'r qo'yiladi va purkama beton bilan berkitiladi. Qoplamaning umumiy qalinligi 8..15sm gacha yetkaziladi.

Purkama beton qoplama jins qatlami yuzasini mustahkamlaydi, alohida jins bloklari orasidagi biki bog'lanish kuchini oshiradi va jinsni nurashdan saqlaydi. Oldindan kuchaytirilgan va odatdagi ankerli metall sim to'rdagi purkama-beton qoplama bilan birgalikdagi mustahkamlagichning yuk ko'tarish qobiliyati ancha yuqori, u yirik yer osti inshootlari turg'unligini nisbatan kuchsiz jinslarda ham ta'minlaydi.

Yirik kamera qazilmasini oldindan kuchaytirilgan va odatdagi ankerli armaturalangan purkama - beton qoplama bilan birgalikdagi devori konstruksiyasi 5.7-rasmda keltirilgan. Devor armaturalangan purkama - betondan bajarilgan ustunlar va tirgak to'sinlar bilan kuchaytirilgan.



5.7 -rasm. Yirik kamera qazilmasining devori:

a- devor konstruksiyasi; b- devorni qurish bo'yicha ishlarni tashkil etish; 1-tirgak to'sin; 2- ustun; 3- oldindan kuchaytirilgan ankerlar; 4- ankerlar; 5- devor armaturi; 6- kolonna va arka armakarkasi; 7- yuk ko'targich; 8- anker tubida burg'u qudug'ini qazish uchun ko'chma taxta supa.

7.2- jadval

Jinslarni Mustahkamlik koeffitsiyenti f_{kr} (Protodyakon ov bo'yicha)	Kamera gumbazi qoplami	Kamera devori qoplami
8>	Ankerlar, purkama beton qalinligi 10-15 sm sim to'r ustiga qilingan Yaxlit temir-beton qalinligi qulf qismida kamera oralig'ining 1/20....1/30 gacha	Ankerlar, sim to'r ustiga qilingan qalinligi 8...12 sm li purkama-beton (yoki qalinligi 0,4-0,5 m li temir-beton) Oldindan kuchaytirilgan ankerlarning (uzunligi kamera oralig'ini 1...0,4 ga

		teng 600..1000 kN kuchga) to'r ustiga qilingan 5-10 sm li purkama-beton.
4....8	Qalinligi qulf qismida kamera oralig'ini 1/15....1/20 ga teng yaxlit temir-beton Jinsga siqilgan yig'ma temir-beton bloklar	Oldindan kuchaytirilgan ankerlar (uzunligi kamera oralig'ini 1-..0,5 ga teng 1000...1500 kn kuchga ega).to'r ustiga qilingan 10-15 sm li purkama – beton
4<	Qalinligi qulf qismida kamera oralig'ining 1/10...1/20 ga teng bo'lgan yaxlit temir-beton Jinsga siqilgan yig'ma temir-beton bloklar	Qoya jinsga ankerlangan qalinligi 0,4...1 m bo'lgan yaxlit temir-beton Kamera ko'ndalang kesimi egri chiziqli ko'rinishda bo'lganda qalinligi 1,2...1,5 m bo'lgan yuk ko'taruvchi temir-beton qoplama.
	Oldindan kuchaytirilgan ankerlar (uzunligi kamera oralig'ining 0,7-0,3 ga teng 1200....1700 kN kuchga ega) va qalinligi qulf qismida kamera oralig'i 1/25....1/30 ga teng bo'lgan yaxlit temir- beton (yoki to'r ustiga qilingan qalinligi 20 sm purkama beton)	Oldindan kuchaytirilgan ankerli (uzunligi kamera oralig'ining 1...0,6 ga teng bo'lgan 1200-1700kn kuchga ega), to'r ustiga qilingan qalinligi 15..20 sm li purkama -beton yoki qalinligi 0,5-0,7 m ko'ndalang kesimi egri chiziqli ko'rinishda bo'lganda.

VI bob. DERIVATSIYA TUNNELINI GIDRAVLIK HISOBI

Derivatsiya tunnelining gidravlik hisobi vazifasiga GESni barcha ishlash rejasida tunnelning suv o'tkazish qobiliyatini ta'minlash va qabul qilingan gidravlik rejimida (bosimli yoki bosimsiz) energetika quvurining turg'un ishlashini taminlash kiradi. Ushbu asosiy talablardan tashqari derivatsiya tunneli ichida gidravlik hisoblar tunnel qoplamasiga ta'sir qiladigan ekstrimal gidrostatik kuchni aniqlash va uning trassasini kesmida ishonchli joylashtirish imkoniyatiga ega bo'ladi.

6.1 Bosimli tunnellar

Bosimli tunnellar odatda yumaloq shaklda bajariladi. Ushbu shakl tunnelni statik ishlashi uchun qulay va gidravlik nuqtayi nazardan quvurni maksimal o'tkazish qobiliyatini ta'minlaydi.

Derivatsiya tunnelining gidravlik hisobi bilan birgalikda suv energetika hisoblari ham bajariladi.

Ushbu suv energetika hisoblari yordamida GES belgilangan quvvati gidroturbinada hisobiy bosim bo'lganda energetika tunneli maksimal (hisobiy) sarfi va tunneldagi hisobiy tezlikning texnik iqtisodiy asoslash bajariladi.

Bosimli derivatsiya boshlanadigan suv omborida, umumiy holatda ikkita ekspluatatsiya sathi o'rnatiladi.

Normal dimlangan sath va foydasiz suv sathi (FSS). Derivatsiyadagi hisobiy sarf Q_{max} suv omboridagi oraliq sath Z_p da va GES hisobiy bosimi H_p da o'tadi. Ushbu holatda gidroturbina yo'naltiruvchi apparati to'liq ochiq bo'ladi va GES belgilangan quvatida N_{bcl} ishlaydi (6.1.a - rasm). Suv omborining boshqa ikkita sathida (NDS va FSS) GES dagi suv sarfi Q_{max} dan kichik bo'ladi. Suv sathi NDS da bo'lganda bosim H_l gacha ko'tarilganda turbina yo'naltiriluvchi apparatini berkitish kerak va GES belgilangan quvvatini ushlab turish uchun sarfni $Q_l < Q_{max}$ gacha kamaytirish kerak. Q_l sarf quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$N_{bcl} = 9,81 Q_{max} H_p \eta'_{sx} = 9,81 Q_l H_l \eta''_{sx}$$

bunda η'_{sk}, η''_{sk} –energetika qurilmasining suv omboridagi suv sathi z_p va NDS bo'lganda foydali ish koeffitsiyenti .

Uncha katta bo'lmagan xatolikda $\eta'_{sk} = \eta''_{sk}$ qabul qilinib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q = Q_{\max} \frac{H_p}{H_1}; \quad (6.1)$$

Ikkinchi holatda yuqori byefdagi suv sathi eng kichik bo'lganda (FSS) gidroturbinadagi bosim H_2 bo'ladi va turbina to'liq ochilganda derivatsiyadagi sarf $Q_2 < Q_{\max}$ gacha pasayadi.

U holda xuddi birinchi holatdagi $\eta'_{sk} = \eta''_{sk}$ quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q_2 = Q_{\max} \sqrt{\frac{H_2}{H_p}}, \quad (6.2)$$

Turg'un rejimda tunneldagi suv sarfi Shezi formulasidan aniqlanadi.

$$Q = \omega c \sqrt{Ri}, \quad (6.3)$$

bunda Q –tunneldagi sarf, M^3/c ;

ω –tunnel ko'ndalang kesim yuzasi, M^2 ;

R –gidravlik radius, M ;

S –shezi koeffitsiyenti;

i –gidravlik nishablik.

Gidravlik nishablik uzunlik bo'yicha bosimni yo'qotilishini h_w tunnel uzunligi L ga nisbati. Shezi koeffitsiyentini aniqlash uchun qator formulalar mavjud. Amalda ikkitasi keng qo'llaniladi.

N,N.Pavlovskiy formulasi.

$$c = \frac{1}{n} R^y. \quad (6.4)$$

bunda $y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,10)$;

n –tunnel devori g'adir - budurlik koeffitsiyenti, $R > 1.0m$ uchun taqriban $y = 1.3\sqrt{R}$ qabul qilish mumkin.

Manning formulasi $y = 1/6$ da

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6}. \quad (6.5)$$

Tunnel devori g'adir - budurlik koeffitsiyenti n katta oraliqda o'zgaradi va qurilish ishlarini bajarish davrida tunnel devorini ichki

yuzasiga ishlov berish xarakteriga bog'liq. G'adir - budurlik koeffitsiyenti miqdori 6.1- jadvalda keltirilgan.

6.1 - jadval

Suv uzatma quvur tavsifi	N miqdori
Tunnellar:	
qoplamasiz qoya jinsda	0.035.....0.040
purkama – beton qoplamali.....	0.025.....0.030
beton va temir–beton	.
qoplamali.....	0.013.....0.015
metall qoplamali.....	0.011.....0.012

Tunnelning bosimli rejimida ishlashini ta'minlash uchun suv omboridagi hisobiy sath FSS hisoblanadi ushbu sath uchun gidroturbinadagi chegaraviy sarf Q_2 ma'lum (6.2 formulaga qarang). Ushbu sarfdagi pyezometrik chiziq holati tunnelning kesimdagi trassasining zamini bo'lib xizmat qiladi. Hisoblar GES ikkita rejimda ishlashi uchun bajariladi: turg'un va noturg'un (o'tish).

Turg'un rejimda yumaloq shakldagi diametri d bo'lgan tunnel uchun ishqalanishdagi bosimining yo'qotilishi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$h_{m2} = \frac{64LQ_2^2}{\pi^2 C^2 d^5}, \quad (6.6)$$

Tunnelning uzunligi bo'yicha bosimni yo'qotilishidan tashqari quvur trassasida mahalliy bosimning yo'qotilishini ham hisobga olish kerak (suv qabul qilgichga kirish, derivatsiyani planda va kesimda burilishini va h). Derivatsiya tunneli uchun asosan uzunlikda bosimni yo'qotilishi hisoblanadi. Mahalliy yo'qotish uncha katta bo'lmaydi va ishqalanishda bosimning yo'qotilishini 5 – 7 % ni qabul qilinishi mumkin. U holda bosimni to'la yo'qotilishi (uzunlik bo'yicha va mahalliy) 6.6 ifodaga Shezi koeffitsiyentini Manning formulasi bo'yicha miqdorini qo'yganimizdan so'ng quyidagi ko'rinishni oladi:

$$h_{m2} = 10,3Ln^2 k_x Q_2^2 d^{-\frac{16}{3}}, \quad (6.7)$$

Bunda, k_m – bosimni mahalliy yo'qotish koeffitsiyenti.

Pyezometrik chiziq 2 holatini biroz zaxira bilan olish uchun g'adir-budurlik koeffitsiyentini hisobiy miqdorini ushbu rejimda ishlashida maksimal qabul qilish kerak (6.1 a-rasm).

Gidroelektrostansiyada o'tish jarayonida (GES agregatlariga yuk yuklanganda) tenglashtiruvchi rezervuarda suv sathi FSS da Z_m pasayadi va pyezometrik chiziq tezlikda 1 holatni egallaydi (6.1 a - rasm). ya'ni turg'un rejimida pyezometrik chiziq 2 dan pastda joylashadi. Pyezometrik chiziqning 1 holati tunnelni kesimda joylashishini va uni geometrik nishabligini aniqlash uchun hisobiy hisoblanadi. Tunnel teshigi uni tenglashtiruvchi rezervuarga tutashgan qismida biroz zaxira balandligi h_{3ax} ga chuqurroq joylashtirilishi kerak, ushbu zaxira derivatsiya tunnelini bosimli rejimida ishlashini ta'minlaydi. h_{3ax} miqdori 2 – 3 m dan kam qabul qilinmasligi kerak. h_{3ax} va diametr d ga ko'ra tunnel tubini tenglashtiruvchi rezervuardagi belgisi $\nabla 1$ aniqlanadi, suv qabul qilgich tubi belgisi $\nabla 2$ va tunnel uzunligi L ga ko'ra tunnelni o'rtacha pyezometrik nishabligi i aniqlanadi.

Derivatsiya tunneli kesimi ayrim uchastkalarida har xil geometrik nishablikka ega bo'lishi mumkin (masalan, injenerlik - geologik sharoitiga ko'ra) pyezometrik chiziq nishabligiga bu ta'sir qilmaydi.

Suv omborida suv sathi normal dimlangan belgida bo'lganda tunnel trassasida ikkita pyezometrik chiziq aniqlanadi: 4 chiziq Q_1 sarf uchun turg'un rejimida (6.1, a - rasm) va 5 chiziq GES agregatidan yuk olib tashlanganda tez yuz beradigan o'tish rejimida. Ushbu rejimda tenglashtiruvchi rezervuarda suv sathi NDS dan Z_m balandlikkacha ko'tariladi va butun derivatsiya tunneli trassasida tunnel qoplamasiga ta'sir qiladigan maksimal mumkin bo'lgan suvning gidrostatik bosimini H_{max} aniqlaydi (6.1, a - rasm).

6.2 Bosimsiz tunnellar

Bosimsiz tunnel ko'ndalang kesimi shakli yumaloq shakldan farq qiladi (II bobga qarang) va shuning uchun gidravlik hisob bog'lanishlari murakkablashadi.

Bosimsiz tunnellar ikkita gidravlik rejimda ishlaydi: turg'un va noturg'un. Turg'un rejim tekis va notekis bo'lishi mumkin.

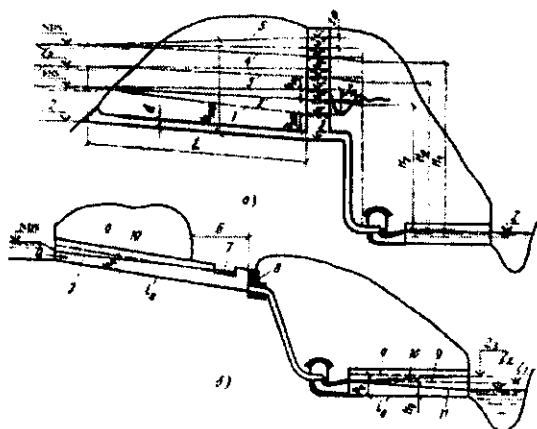
Tunnel tekis rejimda ishlaganda suv oqimini h_0 ning o'zgarmas chuqurligida hisobiy sarf q_{max} ni o'tkazadi. Dastlab oldindan tunneldan iqtisodiy tomondan asoslangan o'rtacha tezlik (g_p) belgilanadi va so'ngra shezi formulasi orqali (6.3) tunnel tubi nishabligi aniqlanadi.

$$i_0 = g_p^2 / (c^2 R),$$

Tekis rejimida erkin yuza nishabligi L tunnel tubi nishabligiga teng bo'ladi.

Kesim yuzasi ω , gidravlik radius R va Shezi koeffitsiyenti S bosimsiz tunnelning har xil ko'rinishi uchun ismsiz nisbat h_0/H ga ko'ra aniqlanishi mumkin (6.2 - rasm).

$$\begin{aligned}\omega &= R^2 f_{\omega} \left(\frac{h_0}{H} \right), \\ R &= H f_R \left(\frac{h_0}{H} \right), \\ C &= \frac{1}{n} H^{0.11} f_C \left(\frac{h_0}{H} \right),\end{aligned}\quad (6.8)$$



6.1 - rasm. Energetika şuv uzatish quvuri hisobiy sxemasi:

a – bosimli suv keltiruvchi derivatsiyali; b – bosimsiz suv olib keluvchi va olib ketuvchi derivatsiya tunnelli; 1.2.3.4.5 – suv ombori har xil sathdagi va GES har xil ishlash rejimida pyezometrik chizig'i; 6 – kanal uchastkasi va sutkalik boshqariladigan hovuziga (SBH) chiqish; 7 – (SBH) ga suv tushirma; 8 – bosimli hovuz; 9 – tekis rejim sathi; 10 – ko'tarilish egri chizig'i; 11 – pasayish egri chizig'i.

Bunda H – tunnelning balandligi $f_{\omega} \left(\frac{h_0}{H} \right), f_R \left(\frac{h_0}{H} \right)$ va $f_C \left(\frac{h_0}{H} \right)$ funksiyani h_0/H nisbatga ko'ra miqdori 6.2 - rasmda bosimsiz tunnelni uchta ko'rinishi uchun – qutisimon, tog'apasimon va pastga kengayuvchi – ko'rsatilgan. Ushbu funksiyalar Shezi koeffitsiyentini Pavlovskiy formulasi (6.4) orqali $y = 0.11$ miqdori orqali qurilgan.

Bosimsiz tunnelda notekis gidravlik rejim yuz beradi, Agar undagi sarf Q_{max} dan kichik bo'lsa. Ushbu rejimni suv olib keluvchi va suv olib ketuvchi tunnellar uchun ko'rib chiqamiz.

Suv olib keluvchi derivatsiya tunnellari yuqori byefdagi suv sathi o'zgarishi uncha katta bo'lmagan GES bosh qismidan boshlanadi. Bosimsiz derivatsiya bosimli hovuzda va unga tutashgan sutkali boshqariladigan hovuzda tugaydi (1.3 a - rasm). Bosh qismida mavjud idishdan GES ni sutkali boshqarish uchun foydalanish mumkin emas, chunki turbina tez ishlay boshlaganda suv sarfi yetib kelishi uchun katta vaqt kerak bo'ladi va ushbu idishni bosimli hovuzda qurish kerak. Bunda bosimsiz tunnel oxirida bosimli hovuz va sutkali boshqariladigan hovuz joylashgan kalta kanalga aylanadi.

Agar qurilish rayonining topografik sharoiti noqulay bo'lsa, u holda SBH katta hajmdagi ishlarni bajarishni va katta mablag' sarf qilishni talab qiladi. Masalan Gyumuch GES SBH balandligi 18 m gacha yetadigan tirgak devorga qurilgan.

Sutka davomida bosh qismidan derivatsiyaga o'zgarmas sarf kelib tushadi. Agar u hisobiy sarfga teng bo'lsa, uni tunnel trassasi bo'ylab o'zgarmas h_0 chuqurlikda tekis rejimda suv keltiruvchi derivatsiya orqali o'tkazib yuboriladi (6.1.b - rasm). Bosh qismida sarf $Q < Q_{max}$ bo'lganda tunnel ko'tarilish chizig'ida ishlaydi va derivatsiya oxirida yoki SBH to'lishi yuz beradi, Agar $Q_{GES} < Q$ bo'lsa, yoki uni bo'shashi yuz beradi, agar $Q_{GES} > Q$ bo'lsa. Agar $Q_{GES} = Q$ u holda SBH sarf nolga teng bo'ladi.

Pastki bosimsiz derivatsiya tunneli suvni gidroturbinadan daryoga yoki pastda joylashgan suv omboriga olib ketadi. Tunnel chiqish portalidagi suv sathining holatiga ko'ra tunneldagi erkin yuza bir necha holatni egallashi mumkin. (6.1.b - rasm). Agar turbinadan Q sarf chiqsa, u tunneldan tekis rejimda o'tishi mumkin, Agar tunnel so'ngida suv sathi. z_1 holatini egallasa. Bunday holat kamdan - kam yuz beradi. Odatda chiqish portalidagi suv sathi quyidagi tengsizlikka bo'ysinadi $Z_2 < Z_1 < Z_3$. U holda sath Z_2 bo'lganda tunnelda pasayish chizig'i 11 hosil bo'ladi, Z_3 sathda esa chiqish portalida tunnel ko'tarilish chizig'ida 10 ishlaydi. Tunneldan GES ni hisobiy sarfi Q_{max} unda suv chuqurligi h_0 bo'lgan tekis rejim va chiqish portalida sath Z_3 bo'lganda o'tish mumkin. Ushbu shartdan tunnel tubi nishabligi aniqlanadi. Gidroturbinadan Q_{max} chiqqanda va daryodagi suv sathi past bo'lganda (masalan, Z_2) pasayish chizig'i hosil bo'ladi.

Bosimsiz tunnelni noturg'un rejimda ishlashi GES quvvati va sarfi birdaniga o'zgarganda uni erkin yuzasida ko'chib yuruvchi uzun to'lqin hosil bo'lishi bilan xarakterlanadi. GES ishlash rejimi o'zgargunga qadar suv olib keluvchi yoki olib ketuvchi bosimli tunnelda tekis yoki notekis harakatdagi oqimli turg'un rejim saqlanadi. GES agregatidan suv olib keluvchi derivatsiyaga tashlab yuborilganda bosimli hovuzda balandligi $+\zeta$ tunnel oqimi bo'ylab yuqoriga s tezlikda ko'chuvchi ijobiy to'lqin (oshish to'lqini) hosil bo'ladi. (6.3, a - rasm).

Ijobiy to'lqin bosh qismidagi suv omborigacha yetib boradi, unda teskari belgi bilan aks etadi (salbiy to'lqin) va orqaga bosimli hovuzga qaytadi. Qaytgan to'lqin yetib kelgunga qadar bosimli hovuzda suv sathi to'xtovsiz ko'tariladi. Suvning maksimal ko'tarilish sathi inshoot bermasi belgisini belgilash uchun hisobiy hisoblanadi.

Shu bilan birga GES agregatidan suv tashlab yuborilganda suv olib ketuvchi derivatsiyada balandligi $-\zeta$ bo'lgan tunnel oqimi bo'ylab pastga harakat qiluvchi salbiy to'lqin yuzaga keladi.

GES agregatida yuklanish ortganda va sarf sakrab - sakrab ortganda keltiruvchi derivatsiyada salbiy, olib ketuvchida esa ijobiy to'lqin hosil bo'ladi (6.3,b - rasm). To'lqin harakat yo'nalishi yuk tashlab yuborgandagi kabi qoladi.

To'lqin tarqalishining nisbiy tezligi quyidagi ifodadan aniqlanadi.

$$c = \sqrt{g \frac{\omega(1 + \frac{3B}{2\omega}\zeta)}{B}} \pm g_0, \quad (6.9)$$

bu yerda, ω –bosimsiz tunnel turg'un harakatida ko'ndalang kesim maydoni;

B –to'lqin balandligidagi tunnelni o'rtacha kengligi;

g_0 –turg'un harakatda oqimni o'rtacha tezligi.

Radikal ostidagi ifoda to'lqinni absalyut tezligini belgilaydi. Suv keltiruvchi derivatsiyadagi to'lqin tezligi g_0 (-)kam bo'ladi, suv olib ketuvchi derivatsiyada g_0 (+qiymati olinadi) ko'p bo'ladi. To'lqin balandligi ζ (6.9) formulada musbat (+) musbat to'lqin) yoki manfiy (-) (manfiy to'lqin) olinadi.

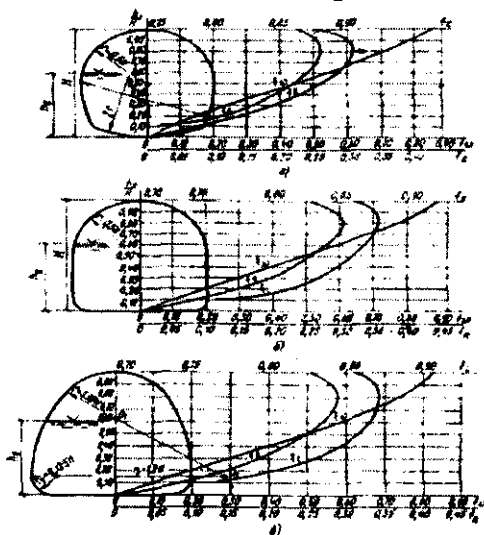
To'lqin balandligi ζ aniqlash uchun to'lqin sarfi tenglamasi tuziladi. To'lqin sarfi deganda turg'un rejimdagi sarf bilan GES nagruzkasi to'satdan o'zgarganda hosil bo'lgan sarflar farqi tushuniladi.

$$\Delta Q = \pm Q - Q_{\infty}.$$

Ushbu farqni to'liqin parametrlari orqali ham ifodalash mumkin.

$$\Delta Q = c\zeta B, \quad (6.10)$$

(6.9) va (6.10) tenglamalarni birgalikda yechib, C va ζ ni aniqlaymiz. ω , B va ϑ_0 lar boshlang'ich shartdan ma'lum.

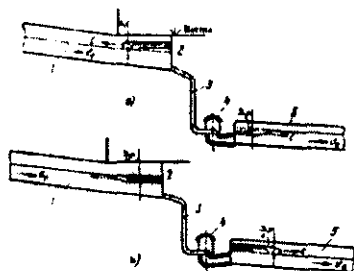


6.2 - rasm.

$f\omega(h/H), f\zeta(h_0/H)$ funksiyalar grafigi:

a – qutisimon tunnel, b – tog'arasimon tunnel, v – pastga kengayuvchi tunnel.

Bosimsiz tunnellarda to'liqin jarayonlarini hisoblash tunnelda qalqib ketish hodisasining yo'qligini tekshirish uchun kerak. Bunda harakatlanuvchi to'liqin tunnel tirqishigacha yetishi va uni ayrim uchastkalarida bosim hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin. Suv sathidan tunnel tirqichigacha (shelo'gasi suv yo'q qismi) bo'lgan zaxira to'liqin jarayonlarini hisobga olib H dan 10 – 15% kam bo'lmasligi kerak va 40 sm dan kam bo'lmasligi kerak.



6.3 - rasm. Bosimsiz tunnellar erkin yuzasida to'liqin turlari:

a – GES agregatidan yuk tushirib yuborilganda; b – GES agregatida yuk ortiganda; 1 – suv keltiruvchi tunnel; 2 – bosimli hovuz; 3 – turбина quvuri; 4 – yer osti mashina zali; 5 – suv olib ketuvchi tunnel.

VII bob. ENERGETIKA SUV O'TKAZISH QUVURI HISOBIIY PARAMETRLARINI TEXNIK-IQTISODIIY ASOSLASH

7.1 Hisoblash uchun boshlang'ich holat

GES va GAES energetika suv tashilmasi ikkita gidravlik rejimda ishlaydi – turg'un va o'tuvchi(6 bobga q.). Turg'un rejimda suv tashima uzoq vaqt o'zidan yil davomida vaqt davomida har xil sarfni o'tkazib ishlaydi. Har xil sarflar ichida bitta sarf mavjud – maksimal, u hisobiiy sarf (Q_{max}) deyiladi va GES yoki GAES belgilangan quvvatini tanlashda aniqlanadi. Ushbu sarfga energetika qurilmalarining yuqori va quyi derivatsiya tunnelliari hisoblanadi. Hisobiiy tezlik va ushbu inshootlar gabarit o'lchamlari aniqlanadi.

Suv tashima turg'un rejimda ishlaganda berilgan kesimdagi oqimni barcha gidravlik xarakteristikallari- tezlik, chuqurlik, bosim va hokazo vaqt davomida o'zgarmaydi. Gidroturbina yoki nasosni tez yopilishi yoki ochilishi natijasida yuz beradigan o'tish rejimida suv tashima oqimdagi barcha gidravlik xarakteristikallari vaqtga bog'liq. O'tish jarayoni bosimli suv tashimalarida gidravlik zarb hosil bo'lishi, bosimsiz suv tashima erkin yuzasida ko'chuvchi to'liqlarni hosil bo'lishi bilan va tenglashtiruvchi rezervuarlarda suvni o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Gidroagregatlarda o'tish jarayoni davrida turbina va generator aylanish chastotasining normal holatidan o'zgarishi yuz beradi. Bitta turg'un rejimidan boshqasiga o'tishi jarayoni juda tez bir necha sekund yoki o'nlab sekundlar ichida yuz bersada, u ko'plab inshootlar uchun hisobiiy hisoblanadi. Bosimli suv tashimalardagi suvni maksimal bosimi gidravlik zarb va tenglashtiruvchi rezervuardagi suv sathini o'zgarishi bilan aniqlanadi.

GES, GAES va nasos stansiyalarini suv tashimalari texnik-iqtisodiiy hisoblariga energetik qurilma berilgan ish rejimida suv tashima o'lchamlarini belgilash kiradi. Ushbu rejim suv energetik hisoblari va energetik qurilma asosiiy parametrlarini tanlash natijalariga ko'ra aniqlanadi. Energetik qurilma asosiiy parametrlariga gidroturbina uchun kerakli va suv olib ketuvchi suv tashima orqali o'tkazib yuboriladigan sarf kiradi. Oqimni boshqarish natijalariga ko'ra hisobiiy davrda yoki yilda GES ga kelib tushadigan sarfni vaqt davomida

o'zgarishi belgilanadi. Ko'pincha ushbu sarf vaqt oralig'ida bir dekada yoki oyda o'rtachalashtiriladi.

GES bosimsiz derivatsiya tunneli berilgan maksimal sarfda va turbina sarfini yil davomida talab qilingan grafida ishlashini ko'rib chiqamiz.

Tunneldan maksimal sarfni Q_{max} xuddi yil davomidagi boshqa sarf kabi tunneldan har xil tezlikda va, binobarin, har xil nishablikda hamda ko'ndalang kesim yuzasida o'tkazib yuborishi mumkin.

Tekis rejimdagi harakatda ushbu miqdorlarning o'zaro bog'liqligi (6.3) formula yordamida aniqlanadi.

$$Q_{max} = \omega C \sqrt{R i_0},$$

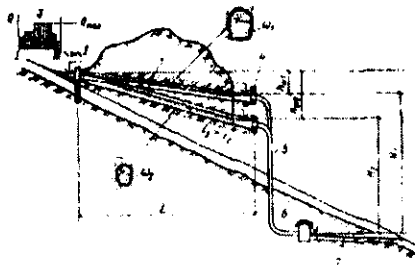
bunda, ω – tunnel oqimining ko'ndalang kesim yuzasi;

C – Shezi koeffitsiyenti;

R – oqim ko'ndalang kesimi gidravlik radiusi;

i_0 – tunnel tubi nishabligi.

Bosimsiz tunnelning ikkita variantini oqimning ikkita o'rtacha tezligi v_1 va $v_2 > v_1$ da hisobiy sarf Q_{max} ni o'tkazib yuborish uchun ko'rib chiqamiz (7.1 - rasm). Tezlik v_1 da tunnel trassasida bosimning yo'qotilishi h_{ω_1} tashkil qiladi va GES ga ta'sir qiladigan statik bosim H_1 ga teng bo'ladi. Bosim H_1 va hisobiy sarf GES ni belgilangan quvvati N_1 va yillik elektr energiya ishlab chiqarishi E_1 ni aniqlash imkoniyatini beradi. Tunnel suv oqish qismi ko'ndalang kesimi $\omega_1 = Q_{max} / v_1$ derivatsiya tunneliga sarf qilinadigan sarmoya aniqlaydi.



7.1- rasm. Derivatsiya suv tashimasi o'lehamlarini aniqlash uchun hisobiy sxema:

1-bosimsiz derivatsiya tunneli; 2- bosh bo'g'in; 3-tunnel kirish qismida sarfni hisobiy gidrografi; 4- bosimli hovuz; 5- quvurli suv tashima; 6- yer osti mashina zali; 7- suv olib ketuvchi derivatsiya.

Tezlik ϑ_2 gacha ortganda bosimli tizimning gidravlik, energetik va qiymat xarakteristikalari o'zgaradi. Bosimning yo'qotilishi h_{ω_2} ortadi va bosimning kamayishi hisobiga GES quvvati va elektrenergiya ishlab chiqarishi kamayadi. Derivatsiya tunneliga sarflanadigan sarmoya mablag'i kamayadi, chunki ikkinchi variantda tunnel suv oqimi qismi ko'ndalang kesimi ω_1 kamayadi.

Derivatsiya tunnelining ikkita variantini taqqoslash shuni ko'rsatdiki tunnelda suvni tezligini oshishi bir tarafdin qulay, chunki suv tashimaga sarf qilinadigan sarmoya mablag'ini kamaytiradi. Boshqa tarafdin olib qaraganda oqim tezligi miqdorining ortishi maqsadga muvofiq emas, chunki bosim yo'qotilishini ortishi hisobiga GES quvvati va yillik energiya ishlab chiqarish miqdorining kamayishiga olib keladi. Suv tashimaning iqtisodiy tomondan oqlangan o'lchamlarini aniqlash uchun suv tashimada sarmoya mablag'ining o'zgarishini hamda GES quvvati va energiya ishlab chiqarishini birgalikda hisobga olish kerak bo'ladi.

7.2 Yumaloq kesimli energetika suv tashimasida hisobiy tezlikni aniqlash

GES da quvvatning va elektr energiyaning yo'qolishi derivatsiya suv tashimasida bosimning yo'qotilishi h_{ω} bilan bog'liq, bosimning yo'qotilishi esa o'z navbatida belgilangan tezlik ϑ ga bog'liq. Hisobiy (maksimal) sarf Q_{max} berilgan miqdor hisoblanadi, tunneldagi oqim ko'ndalang kesimi esa faqat suv tashimadagi o'rtacha tezlik bo'yicha aniqlanadi. Suv tashimada yo'qotilgan quvvat va elektr energiya loyihalalanayotgan GES ishlaydigan boshqa tizim elektrostansiyalari orqali to'ldirilishi kerak. Bunday almashadigan elektrostansiyalar, ham gidravlik va ham issiqlik elektrostansiyalari bo'lishi mumkin. Ko'pincha bunday o'rmini to'ldiruvchi elektrostansiyalar sifatida issiqlik elektrostansiyalari va uning issiqlik manbai ko'riladi.

Suv tashimada suvning iqtisodiy tomondan oqlangan (qulay) tezligini aniqlash masalasiga tezlikka bog'liq bo'lgan quyidagi inshoot va uning tarkibini kiritish kerak: suv tashima, u bilan tutashgan inshootlar (suv qabul qilgich, GES binosi, tenglashtiruvchi rezervuar va boshqalar), issiqlik elektr stansiyasi va uning yoqilg'i bazasi.

Suv tashimadagi hisobiy tezlik ϑ , yuqorida keltirilgan inshootlarda hisobiy xarajatlarning shartiga ko'ra aniqlanadi. Har bir tarkibdagi

inshoot uchun hisobiy xarajatlar umumiy holda quyidagi ko'rinishga ega:

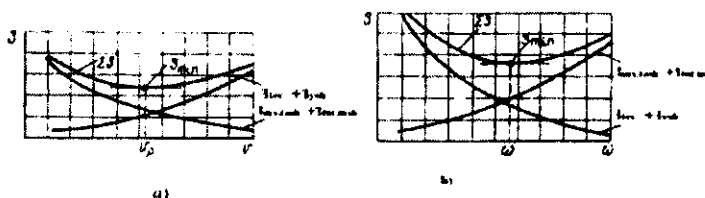
$3_i = E_n k_i + U_i$ bunda k_i va U_i mos ravishda inshoot bo'yicha sarmoya mablag'i va yillik xarajatlar, E_n - sarmoya mablag'ini solishtirma samaradorligining me'yoriy koeffitsiyenti. Barcha tarkibidagi inshootlar uchun hisobiy xarajatlar yig'indisini eng kam miqdori sharti mezoniy tenglamadan aniqlanadi:

$$3 = 3_{\text{suv.tash.}} + 3_{\text{tut.insh.}} + 3_{\text{ies}} + 3_{\text{yob.}} \quad (7.1)$$

bunda $3_{\text{suv.tash.}}$, $3_{\text{tut.insh.}}$, 3_{ies} , $3_{\text{yob.}}$ - mos ravishda energetika suv tashimasi, u bilan tutashgan inshootlar, issiqlik elektrostansiyasi va uning yoqilg'i bazasi bo'yicha hisobiy xarajatlar.

Suv tashimada tezlik miqdori oshishi bilan suv tashima va tutashish inshootda hisobiy xarajatlar kamayadi, issiqlik elektrostansiyasi va uning yoqilg'i bazasida esa xarajatlar ko'payadi.

Suv tashimaning hisobiy deb (ϑ) ataladigan tezligini ayrim miqdorida hisobiy xarajatlarning yig'indisi (7.1) tenglama bo'yicha minimumga yetadi. (7.1) tenglamadagi miqdorni grafik ko'rinishi (7.2) rasmda ko'rsatilgan.



7.2 - rasm. Suv tashima kesimi eng qulay yuzasini va hisobiy tezligini aniqlashda hisobiy xarajatlarning o'zgarishining grafik sxemasi:

a) - hisobiy tezlikni aniqlash; b) - hisobiy kesimni aniqlash.

Har qanday shakldagi (bosimli va bosimsiz tunnellar, suv o'tkazuvchi quvurlar, kanallar) suv tashima uchun (7.1) tenglamadan foydalanishga suv tashimani tezlikning bir necha xil miqdorlarida $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots$ loyihalash va (7.1) ifodaga kiruvchi barcha hisobiy xarajatlarni aniqlash tashkil etadi. 5-7 nuqta bo'yicha tezlik funksiyasida (yoki oqim kesim yuzasida ω) hisobiy xarajatlar grafisini qurish $3_{\text{suv.tash.}} = f_1(\vartheta)$; $3_{\text{tut.insh.}} = f_2(\vartheta)$; $3_{\text{ies}} = f_3(\vartheta)$; $3_{\text{yob.}} = f_4(\vartheta)$ va hisobiy xarajatlar yig'indisining minimal miqdorini aniqlash mumkin. Bunday usul ancha

murakkab va faqat energetika suv tashimalarining murakkab shakldagi kesimlarida qo'llanishi mumkin.

GES va GAES larda keng tarqalgan yumaloq shakldagi suv tashimalar uchun (7.1) tenglamani analitik usulda hisobiy xarajatlarni suv tashima diametriga yoki undagi suvning tezligiga va qator boshlang'ich parametrlariga bog'liq ravishda qo'yib, yechish mumkin.

(7.1) tenglamaning o'ng tomoniga kiruvchi hisobiy xarajatlarni suv tashima diametri orqali ifodalab, quyidagi funksional bog'lanishga ega bo'lamiz:

$$Z = Z_{suv\ tash}(d) + Z_{tut.\ uush}(d) + Z_{ies}(d) + Z_{yob}(d) = F(d), \quad (7.2)$$

hisobiy xarajatlar minimumi

$$dZ/d(d) = 0 \quad (7.3)$$

(7.3) tenglamani suv tashima diametriga nisbatan yechib iqtisodiy tomondan qulay diametрни, so'ngra hisobiy tezlikni topamiz.

Suv tashima bo'yicha hisobiy xarajatlar ($Z_{suv\ tash}$) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$Z_{suv\ tash} = E_{\eta} k_{suv\ tash} + I_{suv\ tash}$ bunda $k_{suv\ tash}$ va $I_{suv\ tash}$ - mos ravishda suv tashima bo'yicha sarmoya mablag'i va yillik xarajatlar.

Har qanday yumaloq suv tashima sarmoya mablag'i:

$$k_{suv\ tash} = Ad^2, \quad (7.4)$$

bunda A - suv tashimaning konstruksiyasi va qiymati bo'yicha harakatlanadigan miqdori; d - suv tashima ichki diametri, m. Masalan, beton yoki temir-beton qoplamali bosimli tunnel uchun tunnelning L uzunligidagi sarmoya mablag'ini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$k_{suv\ tash} = Va_T, \quad (7.5)$$

Bunda V - tunnelni loyihadagi tashqi konturi bo'yicha L uzunligiga to'g'ri keladigan parchalangan qoya toshni hajmi; a_T - $1m^3$ tayyor tunnelning qiymati. Tunnel diametrini qoplama qalinligi δ_{m6} ga nisbatini

$m_{tb} = d : \delta_{m6}$ orqali ifodalab quyidagiga ega bo'lamiz:

$$V = \frac{\pi(m_{m6} + 2)^2 L}{4m_{m6}^2} d^2,$$

Ushbu ifodani (7.5) ga qo'yib, A uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$A = \frac{0,785(m_{m6} + 2)^2 a_T L}{m_{m6}^2}.$$

Temir-beton qoplamali va qalinligi δ_m bo'lgan ichki po'lat qobiqli gidrotexnika tunneli uchun A ning miqdorini quyidagi formula orqali ifodalaymiz:

$$A = 3,14 \left[a_r \frac{(m_{T0} + 2)^2}{4m_{T0}^2} + \frac{7,85a_x}{m_x} \right] L.$$

Bunda $m_x = d : \delta_x$ – tunnel ichki diametirining po'lat qoplama qalinligiga nisbati;

a_x – po'lat qoplama qiymati rub/t.

Suv tashima bo'yicha yillik xarajatlar suv tashima sarmoya mablag'i bir qismi sifatida ifodalanishi mumkin:

$$\dot{E}_{\text{suv}} = \alpha_{\text{suv tash}} \dot{e}_{\text{suv tash}}$$

Suv tashima tipiga ko'ra $\alpha_{\text{suv tash}}$ miqdori 3-5% qabul qilishi mumkin. U holda suv tashima bo'yicha hisobiy xarajatlar quydagicha ifodalanadi:

$$C_{\text{suv tash}} = (A_t + \alpha_{\text{suv tash}}) \dot{A} d^2. \quad (7.6)$$

Tutashuvchi inshootlar bo'yicha hisobiy xarajatlar ($C_{\text{suv tash}}$). Tutashuvchi inshootlarga asosiy energetika qurilmalari joylashgan GES binosini, tenglashtiruvchi rezervuarni va suv qabul qilgichni kiritish mumkin.

Ushbu inshootlarning sarmoya mablag'i u yoki bu darajada energetika suv tashimasi o'lchamlari yoki hisobiy tezligiga bog'liq.

GES binosidagi sarmoya mablag'i gidroagregat belgilangan quvvatiga bog'liq. Berilgan maksimal suv sarfida Q_{max} GES belgilangan quvvati energetika suv tashimadagi bosimning yo'qotilishi h_{max} ga bog'liq bo'lgan hisobiy bosimga bog'liq.

GES belgilangan quvvatini quyidagi farq sifatida ifodalash mumkin:

$N_{\text{add}}^{\text{GES}} = N_0^{\text{stat}} - N_{\text{max add}}^{\text{GES}}$ bunda $N_0^{\text{stat}} = 9,81 Q_{\text{max}} H_{\text{cm}} \eta_T \eta_G$ – statik bosimdagi (ya'ni suv tashimada bosimning yo'qotilishini hisobga olmagan holda) GES quvvati; η_T va η_G – turbin va generatorning foydali ish koeffitsiyenti:

$$N_{\text{max add}}^{\text{GES}} = 9,81 Q_{\text{max}} h_{\text{max}} \eta_T \eta_G, \quad (7.7)$$

Suv tashimada hisobiy tezlik ortishi bilan bosimning yo'qotilishi ortadi va GES belgilangan quvvati kamayadi. To'g'on ortida joylashgan GES lar uchun ushbu quvvatning kamayishi ρ_p ni har xil o'zgarishida ba'zi oraliqda amaliy ahamiyatga ega emas. Ushbu quvvatni kamayishi derivatsiya suv tashimali GES lar uchun katta ahamiyatga ega.

Masalan, GES binosi to'g'on pastiga joylashgan Sayano – Shushensk GESi qisqa quvurli suv tashimasida bosimning yo'qotilishi, unda GES belgilangan quvvatining 1,5% yo'qotilichiga olib kelsa, uzun

derivatsiya suv tashimali Inguriya GESida quvvatning yo'qotilishi, belgilangan quvvatning 10% ni yoki bitta agregat quvvatini yarmini tashkil etadi. Ushbu GES derivatsiyasida hisobiy tezlikning o'zgarishi qisqa oraliqda $\pm 10\%$ bo'lganda quvvatning yo'qotilishi belgilangan quvvatning (N_{bel}) 8 dan 12% gacha oraliq'ida o'zgaradi. Bunday miqdorda quvvatni yo'qotilishi GES binosi sarmoya mablag'iga ta'sir ko'rsatadi.

Taxminan shuni hisobga olish kerakki, suv keltiruvchi tashimada hisobiy bosim H_{st} ga nisbatan bosimning 3-4% gacha yo'qotilishi GES binosida yo'qotilgan quvvatga kam ta'sir ko'rsatadi.

Suv tashimada bosimning yo'qotilishi asosan uzunlikda gidravlik yo'qotish orqali aniqlanadi. Bosimning mahalliy yo'qotilishi uzunlikda bosimning yo'qotilishiga nisbatan uncha katta bo'lmagan miqdorni tashkil qiladi va ushbu yo'qotishga nisbatan foizda hisobga olinadi. Suv tashimadagi bosimning maksimal yo'qotilishi (6.7) ifoda orqali aniqlanadi.

Suv tashimada yo'qotilgan maksimal quvvat (7.7) (6.7) ifodadan foydalanib quyidagi ko'rinishga kelishi mumkin:

$$N_{\max \text{ bel quv}}^{\text{yil}} = Id^{-\frac{16}{3}}, \quad (7.8)$$

$$\text{bunda } I = 102 K_M \eta_T \eta_f n^2 L Q_{\max}^3$$

GES ning belgilangan quvvati:

$$N_{\text{bel quv}}^{\text{GES}} = N_0^{\text{GES}} - Id^{-\frac{16}{3}}, \quad (7.9)$$

N_0^{GES} (7.9) ifodada o'zgarmas miqdor deb qaraladi.

GES binosi bo'yicha hisobiy xarajatlarga o'tishda asosiy energetika qurilmalari va bino qurilish qismini alohida ko'rish kerak, chunki ushbu ikki element uchun amortizatsiya to'lovlari foizi turlicha. GES binosi bo'yicha hisobiy xarajatlar quyidagi yig'indi ko'rinishida bo'ladi:

$$C_{\text{yil bel}} = (E_i + \alpha_{\text{yil bel}}) N_{\text{bel quv}}^{\text{yil}} \dot{E}_{\text{yil bel}}^{\text{Ale}}$$

$$C_{\text{on quv}} = (E_i + \alpha_{\text{on quv}}) N_{\text{bel quv}}^{\text{yil}} \dot{E}_{\text{on quv}}^{\text{Ale}}$$

Bunda $\alpha_{\text{yil bel}}$ va $\alpha_{\text{on quv}}$ — sarflanadigan sarmoya mablag'idan yillik xarajatlarga o'tish koeffitsiyenti.

(7.9) ifodadan foydalanib hisobiy xarajatlarni hisoblash formulasini quyidagi yakuniy ko'rinishga keltiramiz:

$$C_{\text{restan}} = (E_i + \alpha_{\text{restan}}) (N_0^{\text{GES}} - Id^{-\frac{16}{3}}) \dot{E}_{\text{restan}}^{\text{Ale}},$$

$$\text{yoki } 3_{\text{restan}} = T_0 - Td^{-\frac{16}{3}}, \quad (7.10)$$

$$\text{bunda } T_0 = (E_n + \alpha_{\text{rodbur}}) N_0^{\text{rodbur}} K_{\text{rodbur}}^{\text{rodbur}}, \\ T = I(E_n + \alpha_{\text{rodbur}}) K_{\text{rodbur}}^{\text{rodbur}}$$

Xuddi shunday o'zgartirishlarni asosiy energetika qurilmalari hisobiy xarajatlari uchun ham bajarish mumkin, natijada quyidagi ko'rinishdagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$C_{\text{en quv}} = S_0 - Sd^{\frac{16}{3}}$$

$$\text{bunda } S_0 = (A_i + \alpha_{\text{en quv}}) N_0^{\text{en quv}} \dot{E}_{\text{en quv}}^{\text{en quv}} \text{ va } S = I(E_i + \alpha_{\text{en quv}}) \dot{E}_{\text{en quv}}^{\text{en quv}}. \quad (7.11)$$

(7.10) va (7.11) ifodalarda τ_0 , T , s_0 , va s lar o'zgarmas miqdor hisoblanadi.

Ushbu formulalar faqat yillik xarajatlarni va 1 kw quvvatdagi har xil sarflangan solishtirma sarmoya mablag' $K_{\text{rodbur}}^{\text{rodbur}}$ va $K_{\text{en quv}}^{\text{en quv}}$ ni aniqlashdagi miqdorlar bilan bir - biridan farqlanadi.

Qilingan tahlillar shuni ko'rsatadiki, suv qabul qilgich va tenglash-tiruvchi rezervuar qiymatining o'zgarishini energetika suv tashima parametrlariga ta'siri juda kam va ushbu inshootlarni hisobga olmaslik mumkin.

O'rnini bosuvchi issiqlik elektrostansiya bo'yicha hisobiy xarajatlar (Z_{ies}). Energetika suv tashimasida maksimal yo'qotilgan quvvat $N_{\text{max yo'l quv}}^{\text{en quv}}$ boshqa elektr stansiyalar tomonidan to'ldirilishi kerak. O'rnini bosuvchi elektr stansiya sifatida issiqlik elektr stansiyasini qabul qilamiz. Uning quvvati biroz qo'proq bo'lishi kerak : $N_{\text{yo'l quv}}^{\text{en quv}} = \dot{E}_1 N_{\text{max yo'l quv}}^{\text{en quv}}$, bunda κ_1 - GES ga nisbatan quvvatni oshishini hisobga oluvchi koeffitsiyent ($\kappa_1 = 1,13$).

O'rnini almashtiruvchi issiqlik elektr stansiyasida sarflanayotgan sarmoya mablag'i va yillik xarajatlar quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\dot{E}^{\text{en quv}} = \dot{E}_1 N_{\text{max yo'l quv}}^{\text{en quv}} \dot{E}_{\text{N}}^{\text{en quv}} \text{ va } \dot{E}^{\text{en quv}} = \dot{E}_1 N_{\text{max yo'l quv}}^{\text{en quv}} \dot{E}_{\text{N}}^{\text{en quv}},$$

Bunda $K_N^{\text{en quv}}$ va $H_N^{\text{en quv}}$ GES ning 1 kw o'rnatilgan quvvatiga sarflangan solishtirma sarmoya mablag'i va yillik xarajatlar.

(7.8) ifodadan foydalanib, GES bo'yicha hisobiy xarajatlarni quyidagi formula orqali ifodalaymiz:

$$3_{\text{uvc}} = E_n K^{\text{uvc}} + H^{\text{uvc}} + (E_n C + E) d^{\frac{16}{3}}, \quad (7.12)$$

$$\text{Bunda } C = 102 K_1 K_M \eta_T \eta_r n^2 L K_N^{\text{uvc}} Q_{\text{max}}^3 \text{ va } E = 102 K_1 K_M \eta_T \eta_r n^2 L H_N^{\text{uvc}} Q_{\text{max}}^3.$$

Yoqilg'i bazasi bo'yicha hisobiy xarajatlar ($Z_{\text{y.o.b.}}$). Yoqilg'i bazasi bo'yicha sarflanadigan sarmoya mablag'i va yillik xarajatlar suv tashimadan GES turbinasiga suv tashilyotganda har yil yo'qotiladigan

energiyaga bog'liq. Ushbu yo'qotilgan energiya (kw/yil) quyidagi yig'indi orqali ifodalanadi:

$$\dot{Y}_{yo'lan}^{qo} = \sum 9,81 Q_i h_i \eta_o \eta_i \Delta t_i, \quad (7.13)$$

Bunda $Q_i \Delta t_i$ vaqt oralig'idagi o'rtacha sarf;

h_i - Q_i sarfga mos keluvchi suv tashimada yo'qotilgan bosim.

Bosimning yo'qotilishi formulasidan foydalanib (7.13) ifodani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\dot{Y}_{yo'lan}^{qo} = 102 \dot{E}_i \eta_o \eta_i n^2 L d^{-16/3} \sum Q_i^3 \Delta t_i,$$

$\sum Q_i^3 \Delta t_i$ yig'indi suv tashimadagi o'rtacha kub sarf va suv tashimaning yilda ishlash soni orqali ifodalash mumkin:

$$\sum Q_i^3 \Delta t_i = Q_{o'r.kub}^3 \dot{O}.$$

Hisobiy vaqt davrida (yoki yilda) GES turbinasi orqali o'tayotgan sarf gidrografi berilgan bo'lsa, o'rtacha kub sarf quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$Q_{o'r.kub} = \sqrt{\frac{\sum Q_i^3 \Delta t_i}{\sum \Delta t_i}}.$$

O'rtacha kub suv sarfini aniq aniqlash GES ishlash rejimini bilishni talab qiladi. GES ish rejimi suv tashima texnik - iqtisodiy hisoblarida har doim mavjud emas. Shuning uchun qator hollarda taqribiy usuldan foydalaniladi.

GES da yo'qotilgan elektr energiyani quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$\dot{Y}_{yo'lan}^{qo} = 0,102 \cdot 10^3 \dot{E}_i \eta_o \eta_i n^2 L \beta \tau_p Q_{o'r.kub}^3 d^{-16/3}, \quad (7.14)$$

bunda, $\tau_p = Q_{o'r.kub}^3$ aniqlanadigan vaqt oralig'i.

β - bosim kamayganda turbina o'tkazish qobiliyatining kamayishi hisobiga qo'shimcha energiyaning yo'qotilishini hisobga oluvchi koeffitsiyent (o'rtacha 1.10 qabul qilinadi). Ushbu energiya almashtirilayotgan IES tomonidan qoplanishi kerak. Yillik shartli yoqilg'i sarfi t/yil quyidagini tashkil qiladi.

$\dot{A} = \dot{E}_2 \dot{Y}_{yo'lan}^{qo} / 10^3$, bunda q - shartli yoqilg'i sarfi, kg/(kw.y) elektr energiyada; K_2 - GES ga nisbatan IES o'z ehtiyojlari uchun yoqilg'ining ortiqcha sarf qilinishini hisobga oluvchi ekvivalentlik koeffitsiyenti.

Yoqilg'i bazasida sarflanadigan sarmoya mablag'i va yillik xarajatlar. $\dot{E}_{yon.b} = \dot{A} \dot{E}_{yon.b}^{kie}$ va $\dot{E}_{yon.b} = \dot{A} \dot{E}_{yon.b}^{kie}$, bunda $\dot{E}_{yon.b}^{kie}$ va $\dot{E}_{yon.b}$ - mos ravishda 1 tonna shartli yoqilg'iga sarflanadigan solishtirma sarmoya mablag'i va yillik xarajatlar.

Oldingilariga o'xshash yoqilg'i bazasi bo'yicha hisobiy xarajatlar:

$$C_{yomb} = (A_i D + F) d^{-16/3}, \quad (7.15)$$

bunda

$$D = 0,102 \dot{E}_2 \dot{E}_1 \eta_0 \eta_A n^2 L q \beta T_p \dot{E}_{yomb}^{Nu} Q_{o'r.kub}^3, \quad \text{va} \\ F = 0,102 \dot{E}_2 \dot{E}_1 \eta_0 \eta_A n^2 L q \beta T_p \dot{E}_{yomb}^{Nu} Q_{o'r.kub}^3.$$

(7.1) formulaga barcha to'rtta hisobiy xarajatlarni qo'yib suv tashima diametri umumiy xarajatlariga ega bo'lamiz:

$$\dot{Y} = (A_i + \alpha_{suv.kub}) A d^2 + [A_i (\dot{N} + D) + A + F - (T + S)] d^{-16/3} + T_0 + S_0, \quad (7.16)$$

Hisobiy xarajatlarni minimum shartini (7.16) tenglamaning diametri bo'yicha differensiallash natijasiga ko'ra va uni nolga tenglashtirib topamiz.

Iqtisodiy oqlangan (qulay) diametr uchun yakuniy rejim:

$$d^{22/3} = \frac{272 n^2 (\dot{O}_1 - \dot{O}_2) Q_{max}^3}{A (A_i + \alpha_{suv.kub})}. \quad (7.17)$$

Bunda katta xatolarsiz qator koeffitsiyentlarni quyidagicha qabul qilamiz:

$$K_N = 1,05 \quad K_1 = 1,12 \quad K_2 = 1,36 \quad \eta_T = 0,09 \quad \eta_F = 0,96.$$

(7.17) formulada:

$$\dot{O}_1 = C_N^{qib} + C_{yomb}^{qib} \frac{0,95 \dot{O}_2 q \beta}{10^3 \theta^3}, \quad (7.18)$$

Bunda 3_N^{qib} va C_{yomb}^{qib} - 1kw quvvatiga va 1t shartli yoqilg'iga sarflangan solishtirma hisobiy xarajatlar.

$\theta = Q_{max}^3 Q_{o'r.kub}$ ushbu parametrlar muqobil IES iqtisodiy xarakteristikalarini va yil davomida suv tashimada suv uzatishning bir tekisda emasligini ifodalaydi.

Oqim yaxshi boshqarilganda va GES uncha katta bo'lmagan salt tuchirmalarida ishlaganda quyidagini qabul qilish mumkin: $T_p = 8760c$ va $\beta = 1,0$. U holda (7.18) formula soddalashadi:

$$\dot{O}_1 = C_N^{qib} + C_{yomb}^{qib} \frac{8,25q}{\theta^3}, \quad (7.19)$$

bunda A- tunnelni konstruktiv va qiymat xususiyatlarini xarakterlaydi.

GES binosi bo'yicha hisobiy xarajatlar F_2 parametrga birlashtirilgan va quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

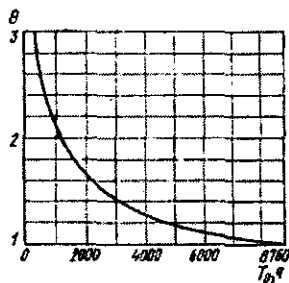
$$\dot{O}_2 = 0,90 (C_{ges.bun}^{qib} + C_{ges.qub}^{qib}), \quad (7.20)$$

Har xil turdagi har xil o'tkazish qobiliyatidagi suv tashlamalarni iqtisodiy tomondan o'zaro taqqoslash uchun suv tashima diametri taqqoslovchi xarakteristika bo'la olmaydi. Bunday

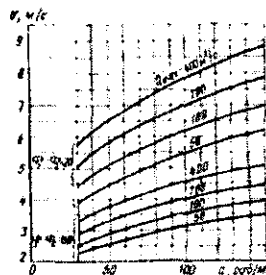
xarakteristika faqat maksimal sarf bilan $g_p = 4Q_{\max} : \pi d^2$ nisbat orqali bog'langan hisobiy tezlik bo'lishi mumkin. U holda (7.17) formula hisobiy tezlikka qaytadan hisoblashda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$g^{11/3} = \frac{A(\dot{A}_1 + \alpha_{\text{min kub}})Q_{\max}^{2/3}}{111\pi^2(\dot{O}_1 - \dot{O}_2)} \quad (7.21)$$

7.3 - rasmda temir-beton qobiqli bosimli tunnel uchun (7.21) formuladan hisoblangan $g = f(\alpha_T, Q_{\max})$ grafigi keltirilgan.



7.3.-rasm. $g = f(\alpha_T, Q_{\max})$ grafigi.



7.4-rasm. $\theta = f(T_0)$ grafigi.

7.3 Suv tashimada suv uzatishning notekislik darajasini aniqlash

Suv tashimada suv uzatishning notekisligi Φ_1 ni aniqlovchi ifodaga kiruvchi quyidagi nisbat $\theta = Q_{\max}^3 Q_{o'r.kub}$ bilan xarakterlanadi. Agar gidroelektrostansiya toza bazisli rejimda ishlasa, u holda suv tashima butun vaqt davomida o'zgarmas sarf $Q_{\max}$ ni o'tkazadi va $Q_{o'r.kub}$ va $\theta = 1$. GES ning bunday ishlash rejimi kamdan - kam uchraydi.

Modomiki hisobiy formula (7.17) ga $Q_{o'r.kub}$ to'g'ridan-to'g'ri ko'rinishga kirmaydi, o'lchovsiz nisbat θ orqali almashtiriladi, θ ni aniqlashni GES belgilangan quvvatining yilda necha marta foydalanish τ_e orqali taqribiy ifodasini keltiramiz.

GES ning sutkalik tig'iz yuklanish grafigida ishlashini ko'rib chiqamiz. Bunda suv tashima orqali maksimal sarf $Q_{\max}$ 24 soatdan t soatida o'tkazilyapti (24-t soat GES ishlamayapti). U holda sutkadagi o'rtacha kub sarf:

$$Q_{o'r.kub} = \sqrt[3]{Q_{\max}^3 / 24}.$$

Shu formulaga ko'ra θ quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\theta = 2,88/\sqrt{t}. \quad (7.22)$$

Sutka davomida GES ning minimal ishlashi mumkin bo'lgan vaqtni 1 soatga teng deb qabul qilish mumkin va u holda $\theta = 2,88$.

GES ning sutkalik ishlashi rejimi uchun θ miqdorini ma'lum yaqinlashish bilan butun yilga tarqatish mumkin, u holda (7.22) formula orqali yillik belgilangan quvvatni necha soat foydalanish soni T_0 ga bog'liq bo'ladi va formulada t o'rniga T_0 qo'yish kerak bo'ladi.

$\theta = f(T_0)$ bog'lanish 7.4-rasmda keltirilgan, unda keskin tig'iz GES lar uchun ($T_0=1000s$) $\theta = 2.0$, yarim tig'iz GES lar uchun esa ($T_0=4000....6000s$) $\theta = 1.2$.

GES binosini energetik qurilma bilan birgalikda hisobiy tezlikka ta'sirini (7.21) formulada r_p uchun F_2 orqali hisobga olinadi. F_2 esa solishtirma hisobiy xarajatlar $C_{ges bin}^{his}$ va $C_{en quvar}^{his}$ orqali aniqlanadi. Ushbu xarajatlar va binobarin F_2 ortishi bilan suv tashimada hisobiy tezligi ortadi. F_1 va F_2 orasida doimo quyidagi nisbat $\Phi_1 \gg \Phi_2$ saqlanadi.

GES binosining suv tashimadagi suv tezligiga ta'sirini quyidagi misolda aniqlaymiz. Bosimli suv tashima $m_{tb}=12$. nisbatdagi temir beton qoplamali tunnel ko'rinishiga ega. Boshqa miqdorlar quyidagilar hisoblanadi. $Q_{max} = 2,36 m^3/s$; $n = 0,014$; $E_n = 0612$; $a_T = 68 py6 / m^3$;

$K_N^{xx} = 160 py6 / \kappa\omega$; $H_N^{xx} = 16 py6 / \kappa\omega$ $\dot{E}_{yon b}^{his} = 152 \delta\delta\delta / t$; $\dot{E}_{yon b}^{his} = 15 \delta\delta\delta / t$;
 $\dot{E}_{ges bin}^{his} = 33 \delta\delta\delta / \epsilon\omega$; $\dot{E}_{en quvar}^{his} = 48 \delta\delta\delta / \epsilon\omega$; $q = 0,35$ kg/(kw); $T_0 = 4300s$;
 $\alpha_{suv to'ch} = 0,02$; $\alpha_{ges bin} = 0,02$; $\alpha_{en quvar} = 0,05$. (7.19) formulaga kiruvchi

miqdorlarni aniqlaymiz. Parametr $A = 72.5$; o'rmini almashtiruvchi IES bo'yicha hisobiy xarajatlar miqdori $3_N^{xx} = 35,3 py6 / \kappa B t$; xuddi shu yoqilg'i bazasi bo'yicha $C_{yon b}^{his} = 33,3 \delta\delta\delta / t$; suv tashimada suv uzatilishini notekislik koeffitsiyenti (7.4 rasm bo'yicha) $\theta = 1.25$; GES binosi bo'yicha hisobiy xarajatlar (smetani A bo'limi bo'yicha) $C_{ges bin}^{his} = 9,3 \delta\delta\delta / \epsilon\omega$; xuddi shu energetik qurilmalar bo'yicha $C_{en quvar}^{his} = 8,2 rub / kVt$; $\Phi_1 = 88.9$ $\Phi_2 = 15.7$.

Suv tashimada hisobiy tezlikni aniqlashni ikkita variantini ko'rib chiqamiz: GES binosini hisobga olgan va olmagan holda GES binosini hisobga olmaganda $\vartheta_p = 4,25$ m/s; hisobga olganda $\vartheta_p = 4,57$ m/s.

Tayyor $\vartheta_p = 4,25$ m/s tunnelni yuqorida keltirilgan qiymatlarida 1m tayyor tunnel uchun sarf qilingan sarmoya mablag'ini 530 rub kamaytirish imkoniyatini beradi.

Qurilish yig'uv ishlarini 1m tunnel uchun hajmi va qiymatining oshishi bilan oqimning tunneldagi hisobiy tezligi ortadi.

Yuqoridagi misol ma'lumotlaridan foydalanib tunnel po'lat qoplamasini hisobiy tezlikka ta'sirini ko'rib chiqamiz. (7.21) formulada ϑ_p uchun A ning miqdori o'zgaradi va po'lat qoplamali tunnel uchun quyidagiga teng:

$$A = 3,14 \left[\frac{a_T (m_{TG} + 2)^2}{4m_{TG}^2} + \frac{7,85a_x}{m_x} \right].$$

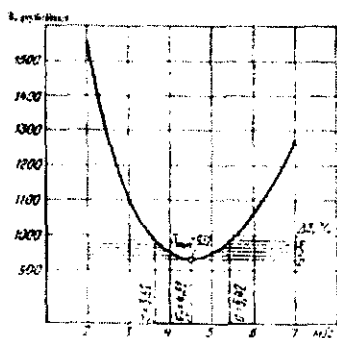
Po'lat qoplama qalinligi $\delta_x = 20$ mm bo'lganda tunnel diametrining unga nisbati quyidagini tashkil qiladi: $m_x = 8100 : 20 = 405$. Po'lat narxini $a_x = 600$ rub/t ga teng deb qabul qilamiz, u holda $A = 109$. Hisobiy tezlikni (7.27) formuladan aniqlaymiz va uning qiymati $\vartheta_p = 5,02$ m/s ga teng, bu esa po'lat qoplamasiz tunneldagi tezlikka nisbatan 10% ko'proq. Bunda tunnel ichki diametri 8.1 dan 7.7m gacha qisqaradi.

7.4 Energetika suv tashimalarida suvning hisobiy tezligidan mumkin bo'lgan chekinishlar (o'zgarishlar)

Hisobiy tezlik (7.21) formulada hisobiy xarajatlarning minimum shartiga ko'ra keltirib chiqarilgan. Yuqoridagi keltirilgan ifodalardan ko'rinib turibdiki, ϑ_p ning aniqlashda suv tashima hamda uni o'rni almashtiradigan issiqlik elektr stansiyasi va uning yoqilg'i bazasi bo'yicha qator qiymat xarakteristikalarini belgilash kerak. Ushbu xarakteristikalarning aniqligi nisbiy hisoblanadi va shuning uchun har doim uni miqdorida ko'p yoki oz tomonga o'zgarishlar bo'lishi mumkin. Bu esa hisobiy tezlikga ta'sir ko'rsatadi va shuning uchun suv tashimani loyihalashda faqat bitta ϑ_p miqdorini bilish kerak, balki berilgan parametrlarning aniqligiga bog'liq ravishda ushbu ϑ_p ning mumkin bo'lgan o'zgarish oblastini ham bilish kerak. Ushbu ϑ_p ning mumkin bo'lgan o'zgarishlar zonasini minimal hisobiy xarajatlar yo'l qo'yilgan o'zgarishlari bilan bog'lash kerak. (7.16) formulada suv tashima diametri funksiyasi bo'lgan hisobiy xarajatlar uchun $\beta = f(\vartheta)$ ga $d^2 = 4Q_{max} \pi \vartheta$ o'zgartirish kiritib qayta ko'rib chiqish mumkin. Natijada hisobiy xarajatlar uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\beta = \frac{V}{\vartheta} + W \vartheta^{n/3} + I, \quad (7.23)$$

bunda $V = 1,27(E_i + \alpha_{\text{min}} \cdot \text{msh}) \cdot \Delta Q_{\text{max}}$ va $W = 53n^2(\Phi_1 - \Phi_2)Q_{\text{max}}^{3/2} \vartheta_p$ ni (7.21) formuladagi parametrlari orqali ifodalanadi: $I = T_0 + S_0$ - doimiy o'zgarmas miqdor.



7.5-rasm. Hisobiy xarajatlarni bosimli tunneldagi tezlikka bog'liqlik grafigi.

ϑ_p ning qiymatini (7.23) formulaga qo'ysak hisobiy xarajalar minimum bo'ladi. (7.23) tenglama bo'yicha qurilgan $3 = f(\vartheta)$ bog'lanish temir-beton qoplamali tunnel uchun $Q = 236 \text{ m}^3/\text{c}$ bo'lganda va misolda keltirilgan parametrlarida shuni ko'rsatdiki, $3_{\text{min}} = 932$ dan uncha katta bo'lmagan o'zgarish Z_{min} dagi hisobiy tezlik $\vartheta_p = 4.52 \text{ m/s}$ ning sezilarli o'zgarishiga olib keladi. Ushbu o'zgarishlar 7.1-jadval va 7.5 - rasmda keltirilgan.

7.1-jadval

$3_{\text{min}} = 932$ miqdordan o'zgarishi, %	Suv tashima	
	ϑ_{max}	ϑ_{min}
1	4.90	4.10
2	5.10	3.90
3	5.20	3.80
4	5.30	3.70
5	5.42	3.62

Keltirilgan misoldan ko'rinib turibdiki, 3_{min} bir oz o'zgarganda ham energetika suv tashimasidagi hisobiy tezlik katta oraliqda o'zgarishi mumkin.

Bu esa suv tashimada hisobiy tezlikni qurilish ishlarini bajarish, suv tashima alohida elementlarni tashib keltirish qulay bo'lgan bir necha oraliqda belgilash imkoniyatini beradi.

7.5 Bosimsiz tunnel kesimini aniqlash

GES ni suv olib keluvchi va olib ketuvchi bosimsiz tunneli va GAES suv olib ketuvchi bosimsiz tunneli ikkita rejimda ishlaydi, turg'un

va o'tuvchi (noturg'un). Oxirgi rejim vaqt bo'yicha juda qisqa (6 bo'limga qarang).

Bosimsiz suv tashima kesimining iqtisodiy hisoblari uchun faqat turg'un rejim hisobga olinadi. Suv tashimada o'tayotgan sarfni miqdori va tunnel boshi va oxiridagi chegara shartlariga ko'ra suv tashimadagi suvning erkin yuzasi uchta holatni egallashi mumkin:

1) Tunnelda oqim chuqurligi o'zgarmas h_0 bo'lgan tekis harakat;

2) ko'tarilish egri chizig'i, bunda suv oqimi chuqurligi oqim harakati bo'yicha ortib boradi;

3) pasayish egri chizig'i, bunda suv oqimi chuqurligi oqim harakati bo'yicha kamayib boradi.

Iqtisodiy hisoblarda berilgan maksimal sarf Q_{max} tunneldan $h_0 = const$ bo'lgan tekis rejimida oqib o'tishi kerak.

Suv keltiruvchi derivatsiya bosimsiz tunnelida keng tarqalgan erkin yuza shakli bu ko'tarilish egri chizig'idir. Bosimsiz derivatsiya oxirida salt suv tashlamali bosimli hovuz o'rnatiladi.

Keltirilgan inshootning har xil birikmasida bosh bo'g'indan tushayotgan, har qanday sarfda bosimli hovuzda suv sathini bir xil ushlab turish mumkin, binobarin, suv olib ketuvchi tunneldan berilgan hisobiy tezlik uchun bosimning yo'qotilishi o'zgarmas bo'ladi.

Bosimsiz tunnel bosimli hovuzda suv sathi pasayadigan pasayish egri chizig'ida ishlashi, tunneldan tushayotgan suv sutka davomida boshqariladigan holatida (odatda cheklangan) yuz berishi mumkin. Bu holda o'tuvchi jarayon yuz beradi va pasayish egri chizig'i shakli vaqt funksiyasi hisoblanadi.

Bosimsiz tunnelning iqtisodiy tomondan oqlangan (qulay) kesimini aniqlash uchun hisobiy yildagi turbina sarfi (o'rtacha oylik yoki o'rtacha dekadalik) yoki suv olish inshootida kattaroq vaqt oralig'i, shu jumladan GES maksimal quvvati belgilanadigan maksimal sarf Q_{max} gidrografini bilish kerak bo'ladi.

Hisoblar quyidagi tartibda olib boriladi.

1. Bosimsiz tunnelning shakli, mo'ljallanayotgan qazish usulini va tunnel trassasi bo'ylab injenerlik- geologik sharoitini hisobga olib, belgilanadi.

2. Tunneldagi bir necha hisobiy tezlik oralig'ida $\vartheta = 1,5 \dots 6$ m/s berilgan Q_{max} da tunnel suv oqimi ko'ndalang kesimi maydoni ω va tunnel tubi nishabligi i_0 aniqlanadi (7.1-rasmga qarang).

3. Tunnelni ma'lum uzunligida tezlikni har bir miqdori ϑ uchun bosimsiz derivatsiyani butun uzunligidagi bosimning yo'qotishi h_w ni belgilaymiz.

4. Tunnelni barcha variantlarida har xil tezlik (ϑ) uchun qurilish-yig'uv ishlari hajmini hisoblaymiz:

5. Turbina sarfi gidrografidan yillik elektr energiyani yo'qotilishi va h_w miqdorini quyidagi formula orqali aniqlaymiz.

$$\dot{Y}_{yem} = 9,81 h_w \sum Q_i \Delta t_i \eta_o \eta_A$$

6. Har bir variant uchun har xil o'rtacha tezlikda GES da yo'qolgan quvvatni miqdorini aniqlaymiz: $N_{yem}^{\Phi\Phi} = 9,81 Q_{max} h_w \eta_o \eta_A$.

7. Muqobil issiqlik elektr stansiyasi va uning yoqilg'i bazasi bo'yicha texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlardan foydalanib (6.7) tenglamada ko'rsatilgan hisobiy xarajatlarni aniqlaymiz. Ushbu hisobda tutashtiruvchi inshoot bo'lib, GES binosi energetik qurilmalari bilan hisoblanadi.

8. Bosimsiz tunnelning iqtisodiy tomondan oqlangan kesimi va binobarin, tunneldagi hisobiy tezlik hisobiy xarajatlar minimum shartidan grafik usulida $3 = f(\omega)$ yoki $3 = f(\vartheta)$ funksiyasini qurib 7.2-rasmdan topiladi.

Ushbu grafikda Z_{min} dan uncha katta bo'lmagan o'zgarishida ω ning mumkin bo'lgan miqdori zonasini ajratib ko'rsatish mumkin.

Agar bosimsiz tunnel trassasida injenerlik-geologik sharoit bir xil bo'lsa va 1 m tunnelning qiymati kam o'zgarsa, u holda iqtisodiy hisoblarni tunnelni butun trassasiga emas, balki uning 1m uzunligiga bajarish mumkin.

Suv olib ketuvchi bosimsiz tunnellar chiqish portalida suv sathi bir xil bo'lmaydi, buni xuddi suv keltiruvchi derivatsiyadagi usulni qo'llab iqtisodiy hisoblarda hisobga olish kerak.

Bosimsiz derivatsiya tunnellarida hisobiy tezlik bosimiga nisbatan har doim kam. Bu esa bosimsiz suv tashimalarda birlik uzunlikka sarf qilinayotgan sarmoya mablag'i bosimli tunnellarga nisbatan kamligi bilan tushuntiriladi.

Har xil turdagi suv tashimalarni loyihalash tajribasiga asosan shuni belgilash mumkinki, bosimsiz tunnellar uchun oqimning hisobiy tezligi $\vartheta_r = 2,5-3,5$ m/s oralig'ida, bosimli tunnellar uchun esa $\vartheta_r = 4-8$ m/s oralig'ida o'zgaradi.

VIII bob. YER OSTI INSHOOTLARINING ISHLASH SHAROITI

8.1 Tog' massivini sxemalash

Yer osti inshootlari joylashadigan tog' massivlari murakkab geologik tuzilishga ega.

Ularni tabiiy kuchlanganlik holati ko'p hollarda nafaqat gravitatsiya kuchlarini ta'siriga asoslangan, balki uni hosil bo'lish jarayonidagi tektonik hodisalarga ham bog'liq. Massivni tashkil qilgan gruntlarning xilma-xilligi, changsimondan to mustahkam qoya jinslargacha, yer osti inshootlarining ishlash sharoitini baholashda bitta yechimni ishlab chiqish imkoniyatini bermaydi.

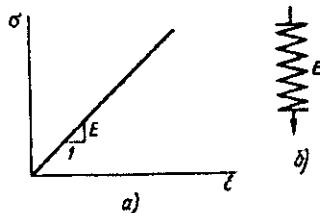
Yer osti inshootlarini loyihalashda grunt xossalarini to'liq hisobga olish mumkin emas, shuning uchun amaliy maqsadlarda muhitning deformatsiya modeli va konstruksiyaning hisobiy sxemasini qurish hisobiga inshoot va tog' massivini sxematizatsiyalash amalga oshiriladi. Muhitni deformatsiya modeli gruntni va konstruksiya materialining fizik mexanik xossalarini qabul qilingan farazlar doirasida ifodalaydi.

Chiziqli-elastik muhit modeli. Tog' massivi va konstruksiya materialini sxematizatsiyalashda muhitning elastik modelidan eng ko'p foydalaniladi. Ushbu model doirasida muhim chiziqli deformatsiyalanuvchi sifatida ko'riladi, ya'ni muhit deformatsiyasi kuchlanishga to'g'ri proporsional. Bir o'qli deformatsiyada ushbu jarayon Guk qonuni bilan ifodalaniladi:

$$\sigma = E \cdot \epsilon, \quad (8.1)$$

bunda, σ – amaldagi kuchlanish; E – materialning elastiklik modeli; ϵ – deformatsiya. (8.1). Tenglama kuchlanish diagrammasi ko'rinishida (8.1, a -rasm), modelni o'zi esa deformatsiya xossasi bikirlik E bilan aniqlanadigan prujina tarkibiy sxemasi ko'rinishida ifodalanishi mumkin.

Hajmiy (uch o'qli) kuchlanganlik holati uchun (8.2.-rasm) Gukning umumlashtirilgan qonuni ham (8.1) formula ko'rinishida yozuvning matritsa shaklini qo'llab ifodalanishi mumkin:



8.1-rasm. Chiziqli deformatsiyalanuvchi elastik muhit kuchlanish diagrammasi (a) va tarkibiy sxemasi (b).

$$\sigma = D \varepsilon$$

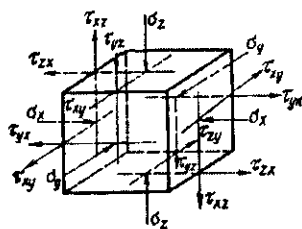
Yoki ochilgan holda

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yx} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix} = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{(1-\nu)} & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 0 & 0 & 0 \\ & 1 & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 0 & 0 & 0 \\ & & 1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} & 0 & 0 \\ & & & & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} & 0 \\ & & & & & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yx} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} \quad (8.2)$$

simmetrik

bunda, E —elastiklik moduli; ν —koʻndalang deformatsiya koefitsiyenti (Pousson koefitsiyenti); $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ — normal kuchlanish yoʻnalishidagi chiziqli deformatsiya; $\gamma_{xy}, \gamma_{yx}, \gamma_{xz}$ — urinma kuchlanish $\tau_{xy}, \tau_{yx}, \tau_{xz}$ ga mos keluvchi siljish deformatsiyasi.

Yuqoridagi (8.2) formula izotrop muhit uchun Guk qonunining toʻla ifodasi hisoblanadi. Qoya jinslarning koʻpgina qismi anizotropik xossaga ega. Yaʼni yoʻnalishi boʻyicha har xil deformatsiya xossasiga ega. Umumiy holda anizotrop muhit kuchlanganlik holatini bayon etish uchun 21 mustaqil elastik doimiy miqdor talab qilinadi. Yer osti inshootlari uchun oʻtkaziladigan injenerlik-



8.2-rasm. Hajmiy kuchlanganlik holatida nuqtaga taʼsir qiluvchi kuchlanishlar sxemasi.

geologik izlanishlar ularni hosil bo'lishi uchun yetarli ma'lumot bera olmaydi.

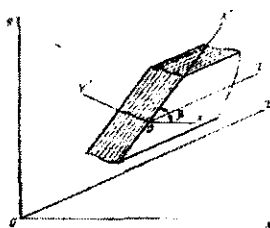
Yer osti inshootlarini qurish amaliyotida eng ko'p tog' jinslarining qatlamli massivini ko'rib chiqish kerak bo'ladi (8.3- rasm). Qatlamlik va qatlamlanish tekisligida xossalarning simmetriyaligi mustaqil elastik doimiylar sonini 5 tagacha kamaytiradi. Odatda ortotrop deb ataladigan(xususiy holda qatlamlanish tekisligida xossasi anizotrop bo'lganda transversal – izotrop deb ataladigan) bunday muhit uchun Y' o'qining qatlamlanishiga perpendikular yo'nalgan deb hisoblab, tekislikdagi masala uchun Lxmitskiy S.T. tomonidan olingan elastiklik nazariyasini asosiy bog'lanishlari, (X', Y') koordinatalarida D matritsada (8.2')ga o'xshash ifodalanadi;

Tekis kuchlanganlik holatida ($\sigma_z = 0$ holat).

$$D_{III} = \frac{E_{Y'}}{1 - n\nu_{Y'}^2} \begin{bmatrix} n & m\nu_{Y'} & 0 \\ m\nu_{Y'} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & m = (1 - n\nu_{Y'}^2) \end{bmatrix}, \quad (8.3)$$

bunda $n = E_{X'}/E_{Y'}$, $m = G_{Y'}/E_{Y'}$; $E_{X'}/E_{Y'}$ – X', Y' yo'nalishi bo'yicha elastiklik moduli;

$G_{Y'}$ – siljish moduli;



8.3-rasm. Umumiy va mahalliy koordinatalar sistemasida transversal-izotrop muhit.

$\nu_{Y'}$ – X' o'qiga parallel kuch ta'sir qilganda Y' o'qi yo'nalishida ko'ndalang o'lchamlarni o'zgarishining xarakterlaydigan Puasson koeffitsiyenti.

Tekis deformatsiya holatida ($\varepsilon_z = 0$ holat):

$$D_{ij} = \frac{E_{ij}}{(1+\nu_{ij})(1-\nu_{ij}-2\nu_{ij}^2)} \times \begin{bmatrix} n(1-\nu_{ij}^2) & \nu_{ij}(1+\nu_{ij}) & 0 \\ \nu_{ij}(1+\nu_{ij}) & (1-\nu_{ij}^2) & 0 \\ 0 & 0 & m(1+\nu_{ij})(1-\nu_{ij}-2\nu_{ij}^2) \end{bmatrix}, \quad (8.3)$$

Bunda $E_{ij}; E_{ij} - X', Y'$ o'qi yo'nalishida elastiklik moduli;

ν_{ij}, ν_{ji} - mos ravishda Puasson koeffitsiyentlari;

$n = E_{ij} / E_{ij}$; $m = 1/(1+n+2\nu_{ij})$

(X', Y') koordinatalaridan x, y koordinatalariga o'tish (o'qni β burchakka burish) $D = T D_1 T^T$ sifatida amalga oshiriladi, bunda

$$T = \begin{bmatrix} \cos^2 \beta & \sin^2 \beta & -2 \sin \beta \cos \beta \\ \sin^2 \beta & \cos^2 \beta & 2 \sin \beta \cos \beta \\ \sin \beta \cos \beta & -\sin \beta \cos \beta & \cos^2 \beta - \sin^2 \beta \end{bmatrix}. \quad (8.4)$$

Tekislikdagi masalaga o'tishda (ikki o'lchamli kuchlanganlik holati) (8.2) ifodadagi kuchlanish va deformatsiya tenzorlari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi $\sigma = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}^T$, $\varepsilon = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}\}^T$.

Izotrop muhit ham xuddi shu bog'lanishlar bilan ifodalanadi, $E_x = E_y = E, \nu_x = \nu_y = \nu = 0$ qo'yib, $n = E_x / E_y = 1, \nu_x = \nu_y = \nu$ va $m = 1/2(1+\nu)$ deb hisoblab izotrop muhit uchun tekis kuchlanish holatida quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$D = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}. \quad (8.5)$$

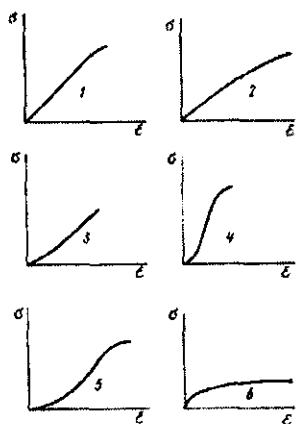
Tekis deformatsiya uchun ham

$$D = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 0 \\ \frac{\nu}{(1-\nu)} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}. \quad (8.6)$$

Elastik model yetarli darajada faqat mustahkam, zich qoya jinslarini va ayrim hollarda alohida mustahkam cho'kuvchan qoya jinslarining holatini aniq ifoda qiladi. Qolgan jinslar faqat birinchi yaqinlashishda elastik hisoblanishi mumkin, elastik modelning keng qo'llanilishini uning soddaligi muhitni elastik xarakteristikasini naturada yoki laboratoriyadagi namunada uncha murakkab bo'lmagan eksperimental usullarda olish imkoniyati bilan tushuntirish mumkin.

Aniq jinslar uchun elastik model doirasida o'zgarmas bo'lgan nisbat kuchlanish darajasiga, yuklanish tezligiga harorat va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Deformatsiyaning rivojlanishi vaqt davomida bir xil (o'zgarmas) kuchlanish (siljuvchanlik) darajasida yuz berishi mumkin.

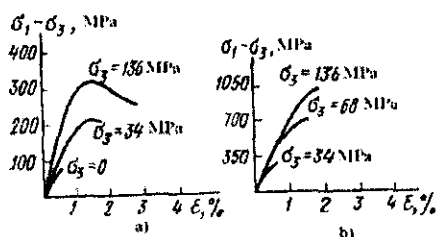
Namunani bir o'qli tekshirish natijasida olingan har xil tipdagi



8.4-rasm. Har xil turdagi qoya jinslar deformatsiyalanishining xarakterli diagrammasi.

qoya jinslarni buzilguncha bo'lgan deformatsiyasini xarakterli diagrammasi 8.4-rasmda keltirilgan. Birinchi tur jinsi to'satdan mo'rt buzilishigacha bo'lgan deyarli to'g'ri chiziqli deformatsiya bilan xarakterlanadi. Bunday qoya jinslarga bazaltlar, kvartslar, diabazlar, dolomitlar va alohida mustahkam ohaktoshlar kiradi. Kamroq mustahkam bo'lgan ohaktosh, mergal va tufalar mustahkamlik chegarasiga yaqinlashganda doimo ortib boruvchi elastik bo'lmagan (plastik) deformatsiya holatiga ega bo'ladi va 2-egri chiziqli bilan xarakterlanishi mumkin 3-egri chiziqli qumtosh, granit, mustahkam slanetslar namunalari qatlamlashishga parallel tadqiqot qilinganda va ba'zi dibazlar uchundir.

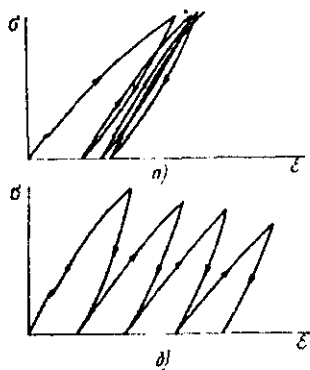
Metamorfik tog' jinslari mramor va gneys kabilar s-shakldagi juda bikir markaziy qismli 4 egri chiziqli bilan xarakterlanadi. Slanetslar namunani qatlamlanishiga perpendikular tekshirilganda 5 egri chiziqli bo'yicha deformatsiyalanadi. 3,4,5 egri chiziqlar kichik yorig'lar va qatlam tutashgan joylari yopilishi tufayli deformatsiyaning boshlanish qismida xarakterli qavariq uchastkaga ega. Ushbu



8.5-pach. Deformatsiya diagrammalari: a – qumtosh; b-gabbro har xil siqilish kuchlanishida.

uchastkalar mustahkamlik chegarasiga yaqinlashganda har xil intensivlikdagi elastik bo'lmagan deformatsiyali deyarli to'g'ri chiziqqa aylanadi, bunda 3 turdagi jinslar noelastik deformatsiyani o'zida namoyon qilmaydi va birinchi turdagi jinslarga o'xshash mo'rt bo'ladi va buziladi. 6 egri chiziq ancha miqdorda plastik deformatsiya va siljuvchanlik hosil qiluvchi tosh tuzlar va boshqa jinslar uchun xarakterli.

Qoya jinslar deformatsiyasi avvalo ularni yorig'lari bilan bog'liq. Yorig'larning o'lchami ortishi bilan qoya jinslarni deformatsiyalanishi ancha ko'payadi. Yuklanish va yuksizlanish yoriqlarni zichlashishiga imkoniyat yaratadi. Qoya jinslarning deformatsiyaga oid xossalarini tekshirishda masshtab effektini hisobga olish kerak. Chunki tekshirilayotgan jins hajmi ortishi bilan ushbu jins uchun doimiy bo'lgan ba'zi bir chegaraga yaqinlashib mexanik xossalar ko'rsatkichi kamayadi. Jinslarni deformatsiyaga oid xarakteristikallari ular aniqlanadigan kuchlanganlik holati turiga va darajasiga ham yetarli miqdorda bog'liq bo'ladi. Qumtosh va gabbro har xil siquvchi kuchlanishlarda uch o'qli asbobda siqilishiga tekshirish deformatsiya egri chizig'i 8.5-rasmda keltirilgan. Ushbu qoya jinslar uchun xarakterli bo'lgan egri chiziq shuni ko'rsatyaptiki, siqilish kuchlanishlari ortishi bilan mustahkamlik



8.6-rasm. Davriy yuklanishda qoya jinslarning deformatsiyalanishi:
a- Mustahkamlanuvchi muhit; b-kuchsizlanuvchi muhit.

xarakteristikallari ortadi, buzilish deformatsiyaning ancha yuqori miqdorida yuz beradi. Gabbro kabi mustahkam qoya jinslar uchun elastiklik moduli deyarli o'zgarmaydi. Qumtosh kabi kuchsiz qoya jinslar uchun siqilish kuchlanishlari ortishi bilan elastiklik modulining miqdori sezilarli darajada ortadi, buzilishga olib keluvchi elastik bo'lmagan deformatsiya uchastkasi ham ortadi. Tabiiy bo'shoq gruntlar deformatsiyalanganda qoya jinslardan quyidagi xossalari bilan farq qiladi. Kompressiyaga (hajmiy) siqilishning yuqoriligi; o'zgaruvchan g'ovak (gruntning butun hajmi bo'yicha) suv o'tkazuvchanligi tutashgan joyda siljishiga qarshiligi; tarkibiy-fazali deformatsiyalanishi; konsolidatsiya jarayonida gruntning

birlik hajmida fazalar (qattiq va suyuq) nisbatining o'zgarishi.

Muhitning elastiklik moduli kuchlanish diagrammasining og'ish burchagini xarakterlaydi (8.1,a-rasm). Shu munosabat bilan ko'rilayotgan nuqtada materialning deformatsiya egri chizig'iga og'ish burchagining urinmasi xarakterlaydigan tezkor elastiklik moduli tuchunchasini kiritish mumkin. Davriy yuk ta'sirida deformatsiya egri chizig'i xarakteri o'zgarishi mumkin, bunda ikkita tipik sxemani ko'rsatish kerak (8.6-rasm). Tezkor elastiklik moduli ortishi yuz beradigan jarayon mustahkamlanish, unga qarama-qarshisi esa kuchsizlanish deyiladi.

Amalda gruntning hisobiy elastiklik modeli sifatida foydalanishda uni deformatsiyaga oid xarakteristikalarini o'rtalashtiriladi va muhim effektiv elastiklik moduli bilan ifodalanadi. Elastik model doirasida yetarli aniqlikda faqat elastiklik modeli 4,5. 10 MP dan yuqori bo'lgan kuchsiz yoriqli qoya jinslarni keltirish mumkin. Nollari kuchlanganlik holatida ba'zi bir tipdagi qoya jinslarni elastiklik xarakteristikalarining o'zgarish oralig'i 8.1- jadvalda keltirilgan.

8.1-jadval

Qoya jins turi	Elastiklik moduli E , MPa. 10^4	Puasson koeffitsiyenti ν	Qoya jins turi	Elastiklik moduli E , MPa. 10^4	Puasson koeffitsiyenti ν
Granit	2...6	0,2...0,25	Bazalt	6...10	0,2...0,25
Mikrogranit	3...8	0,2...0,25	Qumtosh	0,5...8	0,16...0,22
Sienit	6...8	0,2...0,25	Mergel	1...5	0,15...0,2
Diorit	7...10	0,2...0,25	Oxaktosh	1...8	0,15...0,22
Dolerit	8...11	0,2...0,25	Dolomit	4...8,4	0,2...0,25
Gabbro	7...11	0,2...0,25			

Jinsni va ba'zi bir konstruksion materiallarning (masalan, betonning) holatini elastik moduliga nisbatan reologik model aniqroq ifodalaydi.

Muhitning reologik modeli. Elastik model yuk olib tashlanganda o'zini deformatsiyasini tezda tiklaydigan ideal materialni xarakterlaydi. Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek gruntning deyarli hech qaysi turi deformatsiya xarakteri bilan ushbu modelga deyarli mos kelmaydi. Ushbu holat konstruksion material uchun ham to'g'ri keladi: metall ham ta'sir qilayotgan kuchlanishni ma'lum bir oralig'dagina deformatsiyalanadi. Undan tashqari deformatsiya egri chizig'ini alohida

uchastkalari, garchi vaqtinchalik bog'liq hodisalar materialni yopishqoqlik xossasi bilan emas, g'ovak va yoriqlarni to'lishi va yoriq tekisligida yoki qatlamlar tutashish yuzasida siljishi bilan tuchintirilsa ham, yopishqoq suyuqlik holatiga mos keladi.

Yopishqoqlik elastiklik kabi ideal suyuqlikni ifodalasa ham, jinsni vaqtinchalik bog'liq deformatsiyasini yopishqoqlik bilan va ularni deformatsiyalanish jarayonini geologik model bilan xarakterlash mumkin ekan.

Materialning vaqtinchalik bog'liq xossalari eksperimental ma'lumotlar asosida asosiy elementlardan tashkil topgan geologik model shaklida ifodalanishi mumkin. a) prujinalar (elastik-deformatsiya-Guk muhiti), b) yopishqoq element (yopishqoq deformatsiya – Nyuton muhiti) va v) ishqalanish yuzasi (oquvchanlik chegarasidan tashqaridagi plastik deformatsiya-Sen-Venan muhiti). Mos ravishda «a» kuchlanish va deformatsiya orasidagi chiziqli bog'lanishini ko'zda tutadi.(8.1-tenglamaga qarang) «b»-kuchlanish va deformatsiya tezligi orasidagi chiziqli bog'lanishni ifodalaydi:

$$\sigma = \eta \partial \varepsilon / \partial t, \quad (8.7)$$

bunda, η — yopishqoqlik koeffitsiyenti va «v»— materialning oquvchanlik chegarasidan tashqaridagi doimiy deformatsiya tezligi. Ushbu elementlar chiziqli (ya'ni chiziqli tenglamalar bilan ifodalanadigan) va chiziqsiz model to'plamini tashkil etadi.(8.7-rasm). Tipik misol bo'lib ideal yopishqoq elastik materialni ifodalash uchun foydalaniladigan maksvel model muhiti hisoblanadi.

Ushbu modelni to'liq deformatsiyasi (normal va siljituvchi) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$\varepsilon = \sigma / E + \int \frac{1}{\eta} \sigma dt. \quad (8.8)$$

Quyidagi defferensial tenglamaga mos keladi

$$\frac{\sigma}{\eta} + \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} = \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (8.9)$$

Ushbu ifodani doimiy kuchlanishidagi $\sigma = \sigma_0 (d\sigma / dt = 0)$ xususiy holati quyidagicha:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma_0}{\eta}. \quad (8.10)$$

Ya'ni deformatsiya vaqt davomida chiziqli ortadi (8.8 a- rasm)—bu hodisa bizga siljuvchanlik sifatida ma'lum; doimiy deformatsiyada $(d\varepsilon / dt) = 0$;

$$\frac{\sigma}{\eta} + \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} = 0, \quad (8.11)$$

Uni yechganimizda

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{Et}{\eta}\right). \quad (8.12)$$

-kuchlanishning soʻnish jarayonini beradi. Tarkibiy sxemasi 8.7, b-rasmda koʻrsatilgan Kel'vin-Foygt modeli quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\eta \frac{d\varepsilon}{dt} + E\varepsilon = \sigma. \quad (8.13)$$

Doimiy kuchlanish σ_0 sharoitida quyidagi koʻrinishiga ega boʻladi:

$$\varepsilon = \sigma_0 / E [1 - \exp(-Et/\eta)], \quad (8.14)$$

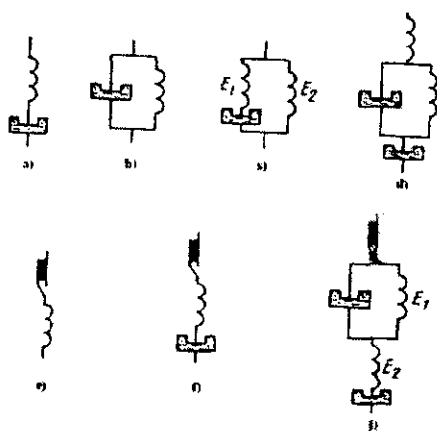
va siljувchanlik deformatsiyasini eksponensial qonun boʻyicha σ/E maksimal miqdorigacha ortishi va yuksizlantirganda eksponensial kamayuvchi deformatsiya sifatida xarakterlanadi (8.8, b-rasm).

Biroz murakkabroq Poynting-Tomson modeli (odatda standart chiziqli muhit deb ataladigan) quyidagi bogʻlanish bilan ifodalanadi:

$$\sigma + \frac{\eta}{E_1} \frac{d\sigma}{dt} = E_2 \left[\varepsilon + \frac{\eta(E_1 + E_2)}{E_1 E_2} \frac{d\varepsilon}{dt} \right]. \quad (8.15)$$

Doimiy yuklanish tezligi sharoitida ($d\sigma/dt = 0$) boshlangʻich siljувchanlik deformatsiyasi miqdorini beradi:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{E_1} \left\{ 1 - \frac{E_1}{E_1 + E_2} \exp\left[\frac{-E_1 E_2 t}{\eta(E_1 + E_2)}\right] \right\}. \quad (8.16)$$



8.7-rasm. Muhitning tarkibiy modeli:

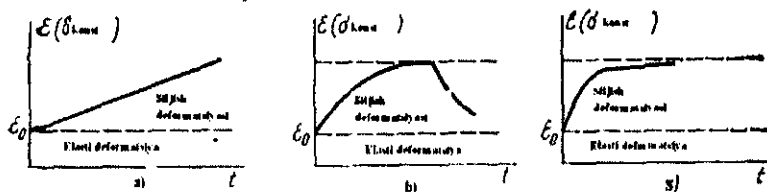
a – Maksvel; b – Kel'vin-Foygt; s – Poynting-Topson; d – Bergersa; e – Bingama; f – Shvedova; j – Pragera.

Barcha ko'rilgan uchta misol chiziqli model hisoblanadi. Chiziqlimas modelga oddiy misol qilib Bingama - Shvedov muhitini ko'rsatish mumkin. Ushbu modelda oquvchanlik chegarasigacha σ_L bo'lgan elastik muhit va katta kuchlanishlarda ortib boruvchi siljuvchanlik deformatsiyasi ifodalangan (8.8, a-rasm), ya'ni:

$$\begin{aligned}\sigma < \sigma_L &\rightarrow \varepsilon = \sigma / E \\ \sigma > \sigma_L &\rightarrow \varepsilon = (\sigma - \sigma_L) / \eta + \sigma / E\end{aligned}\quad (8.17)$$

Ko'rilgan modelni qurishda foydalanilgan prinsiplarni qo'llab aniq materialni yetarli aniqlikda ifodalovchi yanada murakkabroq modellarni keltirish mumkin.

Chiziqli tarkibiy element kombinatsiyasining eng ko'p foydalaniladigan modeliga Bergers modeli, chiziqsiz Prager modeli kiradi. Gruntni vaqt davomida deformatsiyasining xarakterli egri chizig'i 8.9-rasmda keltirilgan. Yarim qoya jinslar uchun (mergel va L) vaqtga bog'liq deformatsiyaning miqdorining anchaligi, bunday jinslarda loyihalanayotgan inshootlarni hisoblash va tekshirishda murakkab modellarni qo'llash zaruriyatini keltirib chiqaradi.

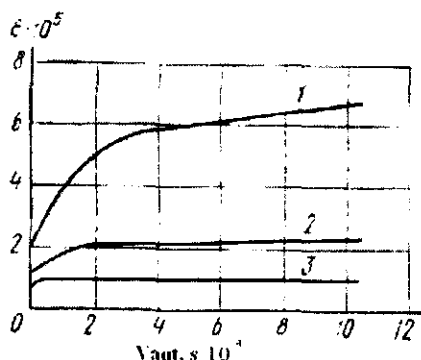


8.8-rasm. Siljish deformatsiyasining modelda ko'rinishi:

a— Maksvell modeli; b — Kelvin modeli; s — Bingama - Shvedova.

Qoya jinslar va konstruksiya materialining buzilishi. Yukning miqdori ma'lum bir chegaragacha ortganda yoki ba'zi hollarda uzoq davriy yoki statik yuklar ta'sirida materialning buzilishi yuz beradi. Buzilish jarayonini qonuniyatlarining buzilish mexanikasi o'rganadi. Materialning buzilish jarayonining fizik tomoni juda murakkab va elementar darajada sxemalashtirib bo'lmaydi, shuning uchun qoya jinslarni ifodalashda eng ko'p foydalaniladigan oddiy bog'lanishlarni ko'rib chiqamiz. Deformatsiya diagrammasidan 8.9-rasmda ko'rinib turibdiki, qoya jinslar buzilib ketishidan oldin (ushbu rasmda buzilish jarayoni deformatsiya diagrammasining uzilgan qismiga to'g'ri keladi)

plastik deformatsiyalanishi boshlanadi. Har bir material uchun quyidagi buzilishga olib keladigan kuchlanish va



8.9-rasm. Doirniy kuchlanish $1 \cdot 10^3$ MPa da qoya gruntarning deformatsiyalanishini tipik diagrammasi: 1—mergel; 2—qumtosh; 3—granit.

deformatsiyalar komponentining barcha kombinatsiyalarini aniqlovchi tenglama mavjud:

$$f(\sigma_y, \varepsilon_y, C_1, C_2, \dots, C_n) = 0, \quad (8.18)$$

Bunday tenglama buzilish mezonini deb ataladi. Sezilarli plastik oqish hosil bo'lguncha hosil bo'ladigan buzilish holatini material mo'rt buziladigan holat deb ataymiz. Kulon XVIII asrda bir o'qli siqilish sharoitida tekshirishda maksimal urinma kuchlanish yuklanish o'qiga 45° burchak ostida og'gan tekislikda yuz berishini kuzatgan, binobarin, siljish kuchlanishi chegaraviy holatga yetganda ushbu tekislikda buzilish yuz berishini kutish mumkin. Tekshirilgan qoya jins bo'lagida burchak 45° dan aniq farq qilgan. Kulon buzilishi jarayoniga ichki ishqalanish ta'sir qilayotganini sezgan. Kulon bo'yicha buzilish mezonini quyidagi ko'rinishga ega:

$$|\tau| = C + \mu P, \quad (8.19)$$

bunda, S —bikir bog'lanish kuchi; μ —ishqalanish koeffitsiyenti; R —normal kuchlanish.

Yuklanish o'qi va buzilish tekisligi orasidagi burchak β ni Kulon quyidagi formula orqali aniqlaydi:

$$\beta = 45^\circ - \varphi/2, \quad (8.20)$$

bunda $\tan \varphi = \mu$. Kulon nazariyasi kuchsiz bikir bog'lanish kuchiga ega bo'lgan grunt uchun eksperimental ma'lumotlar bilan qoniqarli bir xillikka ega, lekin qoya jinslar uchun har doim qo'llab bo'lmaydi.

Mor quyidagi farazni kiritdi, qachonki ixtiyoriy maydondagi siljish kuchlanishi τ - chegaraviy miqdorga yetganda buzilish boshlanadi. Siljish kuchlanishi σ ushbu maydondagi normal kuchlanish funksiyasi hisoblanadi, ya'ni $\tau = f(\sigma)$ buzilish yuz beradi. Bunda $f(\sigma)$ - eksperimental aniqlanadigan funksiya. Mor aylanasi kesuvchi oddiy shakli (8.10,a-rasm) to'g'ri chiziqli bo'lib, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$|\tau| = C - \mu\sigma. \quad (8.21)$$

Bu esa $\sigma = -P$ belgilashgacha aniq Kulon mezoni bilan mos keladi. Shuning uchun (8.21) formuladagi va 8.10-rasmdagi buzilish mezoni Kulon-Mor mezoni deb ataladi (tog' jinslari mexanikasida u ko'pincha Kulon-Nave mezoni deb ataladi).

8.10,a-rasmdan :

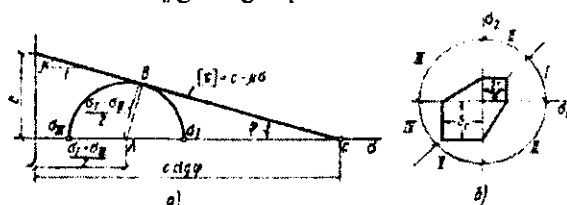
$$\sin \varphi = \frac{\frac{1}{2}(\sigma_I - \sigma_{III})}{C \operatorname{ctg} \varphi - \frac{1}{2}(\sigma_I + \sigma_{III})}, \quad (8.22)$$

yoki

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_I - \sigma_{III}}{S'_I - S'_c} &= 1, \\ S'_c &= 2C \cos \varphi / (1 - \sin \varphi) \\ S'_I &= 2C \cos \varphi / (1 + \sin \varphi) \end{aligned} \quad (8.23)$$

bunda

$\sigma_I > \sigma_{II} > \sigma_{III}$ bo'lganda. Ko'rinib turibdiki, buzilish faqat eng katta bosh kuchlanish σ_I va eng kichik bosh kuchlanishi σ_{III} ga bog'liq va oralik bosh kuchlanish σ_{II} ga bog'liq emas ekan.



8.10-rasm. Mor aylanasi va uning kesuvchisi.

Tekislikdagi kuchlanganlik holati uchun $\sigma_{III} = 0$ va eng katta bosh kuchlanish σ_I yoki σ_{II} bo'lishi ko'rilayotgan nuqta qaysi kuchlanish maydoni xossasiga tushishiga bog'liq. (8.23) tenglamani 8.10, b-rasmda

I, II, III.....VI orqali belgilangan har bir oltita sohasi uchun to'g'ri tahlil qilish 8.2- jadvalda keltirilgan.

Mustahkam tog' jinslarida kuchlanishning pastki va o'rtacha darajasida buzilishi mavjud yoriqli va tutashgan tekisliklarda yuz beradi. Kulon-Mor mezoni yorig'li qoya jins massivi turg'unligini baholash uchun buzilish nazariyasi bo'yicha ko'p sonli monografiyalarga murojaat qilish kerak.

8.2- jadval

Soha	Kuchlanishlar orasidagi nisbat	Eng katta kuchlanish	Oraliq kuchlanish	Eng kichik kuchlanish	(8.23) formulaning to'g'ri yozilishi shakli
I	$\sigma_I > \sigma_{II} > 0$	σ_I	σ_{II}	0	$\sigma_I = S'_I$
II	$\sigma_{II} > \sigma_I > 0$	σ_{II}	σ_I	0	$\sigma_{II} = S'_{II}$
III	$\sigma_{II} > 0 > \sigma_I$	σ_{II}	0	σ_I	$\frac{\sigma_{II}}{S'_I} - \frac{\sigma_I}{S'_c} = 1$
IV	$0 > \sigma_{II} > \sigma_I$	0	σ_{II}	σ_I	$\sigma_I = -S'_c$
V	$0 > \sigma_I > \sigma_{II}$	0	σ_I	σ_{II}	$\sigma_{II} = -S'_c$
VI	$\sigma_I > 0 > \sigma_{II}$	σ_I	0	σ_{II}	$\frac{\sigma_I}{S'_I} - \frac{\sigma_{II}}{S'_c} = 1$

8.2 Yer osti inshootlari konstruksiyalari bilan grunt massivining o'zaro ta'siri

Yer osti inshootlari yuk ko'taruvchi konstruksiyalari (mustahkamlagich, qoplama) tog'-jinslari massivi bilan murakkab o'zaro ta'sir mexanizmi o'sha massivni tashkil qilgan jinslar fizik mexanik xossalari, tarkibi va massivining tabiiy kuchlanganlik holati, mustahkamlagich konstruksiyasi va materiali va juda ko'p hollarda qazilmani qazish ketma-ketligi, uni bajarish texnologiyasi va uni mustahkamlash orqali aniqlanadi.

Bizga yaxshi ma'lumki elastik modelga to'g'ri keladigan massiv qazilmasida qoplama birdaniga bajarilganda, qoplama ta'sir qiladigan yuk konstruksiyani bikirligiga bog'liq, agar qoplamaning bikirligi qazib olib tashlangan jins bikirligiga ekvivalent (bir xil) bo'lsa, u holda tutashish kuchlanishlari ushbu konturdagi qazishgacha bo'lgan tabiiy kuchlanishga teng bo'ladi. Agar bikirlik qazib olingan jins bikirligidan

katta yoki kichik bo'lsa, massivda muvozanat holat buziladi, massiv sohasida kuchlanishning qazilmaga yaqinroq qayta taqsimlanishi yuz beradi. Aksincha, qoplamani o'rnatish kechikkanda bikir massivdan mustahkamlagichga bosim ta'siri bo'lmasligi kerak, chunki elastik deformatsiya birdaniga yuz beradi, ya'ni konstruksiyani bajarguncha bo'lgan davrda, bu mustahkam qoya jinslar uchun xarakterli, unda ko'p hollarda qazilmani qazish va undan foydalanish qoplamasiz bajarilishi mumkin.

Qazilma kesimini ochish va massivda tabiiy kuchlanishlarni qayta taqsimlash yuksizlanish zonasining hosil bo'lishiga olib keladi, qazish jarayoni esa, ayniqsa burg'ulab portlatish usulida, buzilgan zona hosil bo'lishiga olib keladi. Vaqtinchalik bog'liqlik xossalarini namoyon qiluvchi ko'pgina jinslarda hamda ko'pchuvchi va bo'rtuvchi gruntlarda, hosil bo'lgan tog' bosimi nafaqat mustahkamlagichni aniq ishga tushish vaqti bilan, qoplama tashqi konturi geometrik shakli va qayshqoqligi bilan ham aniqlanadi. Mustahkamlikni qayishqoq (yumshoq) konstruksiyasidan foydalanish inshootni turg'unligini ta'minlashi mumkin, shu bilan bir vaqtda bikir mustahkamlagich qator hollarda ortib boradigan tog' bosimi ta'sirida buzilishi mumkin. Ushbu holda tog' bosimini miqdori mustahkamlanmagan qazilma konturini mumkin bo'lgan ko'chish miqdori va mustahkamlagichga yo'l qo'yilgan deformatsiya orasidagi farq orqali aniqlanadi.

Qattiq buzilgan qoya jins va bog'lanmagan gruntlar turg'unlikka ega emas va mustahkamlikka ta'sir qiladigan kuch hosil bo'ladigan buzilish zonasiga ko'ra aniqlanadi. Ushbu kuch miqdori ko'p hollarda mustahkamlagichning o'z vaqtida o'rnatilishi tufayli kamayishi mumkin.

Qoplama va jinsning o'zaro ta'sir mexanizmini ko'plab hisoblash usullarida yetarli aniqlikda ifodalash mumkin emasligi uning sxemalariga ajratish zaruriyatini keltirib chiqardi.

Qurilish mexanikasi apparatiga asoslangan hisoblash usuli hisoblashlarni berilgan yukka ko'ra bajarishni ko'zda tutadi. Bunda massivning konstruksiyaga ta'siri naturada eksperiment yordamida yoki soddalashtirilgan ifodalar yordamida aniqlanadigan tog' bosimini hisoblash miqdori ko'rinishida ko'rsatiladi.

Jinsning qarshiligi qoidaga ko'ra qarshilik ko'rsatish ko'rinishida namoyon bo'ladi va qarshilik ko'rsatish koeffitsiyenti K bilan ifodalanadi. Qarshilik ko'rsatish koeffitsiyenti quyidagi formula orqali ifodalanadi.

$$\sigma = K\delta. \quad (8.24)$$

Bunda: σ – qoplama konturi nuqtasidagi normal kuchlanish;

δ – ushbu nuqtadagi normal ko'chish.

Akademik B.G.Galerkin to'g'ri deformatsiyalanadigan (elastik) muhitda silindrlı quvur ishlashini tekshirib uni chegaraviy miqdori uchun quyidagi ifodani taklif qiladi.

$$K = \frac{E}{r(1+\nu)}. \quad (8.25)$$

bunda, ν – jinsning Puasson koeffitsiyenti;

r – qazilma radiusi.

Qoplama ko'ndalang kesimi doira shaklida bo'lganda jinsni qarshilik ko'rsatish koeffitsiyenti qazilma radiusiga teskari proporsional bo'lar ekan. Bu esa $r = 100$ sm bo'lgan qazilmaga tegishli solishtirma qarshilik ko'rsatish koeffitsiyenti K_0 (N/sm²) degan tushunchani kiritishga asos bo'ladi, ya'ni

$$K_0 = \frac{E}{100(1+\nu)}, \quad (8.25')$$

Shunday qilib doira shaklidagi qazilma uchun :

$$K = \frac{100K_0}{r_n}, \quad (8.26)$$

bunda, r_n – qoplama tashqi radiusi, sm.

Doira shaklida bo'lmagan qazilma uchun:

$$K = \frac{100K_0}{(0,5B_0)}. \quad (8.27)$$

Bunda:

$B_0 = B - 2h_{qop}$ – qazilma kengligi, sm;

B – tunnelning kengligi;

h_{qop} – qoplama qalinligi.

8.3 Yuklanishlar, ta'sir kuchlari va ularning birikmalari

Inshoot konstruksiyasi hisobiy kuchlanganlik holati unga barcha kuchlari birgalikdagi ta'siridan aniqlanadi.

Gidrotexnika tunneli qoplamasiga ta'sir qilayotgan yuklanish va ta'sir kuchlarini doimiy va vaqtinchalikka ajratish mumkin.

Vaqtinchalik kuchlar o'z navbatida uzoq ta'sir qiluvchi, qisqa ta'sir qiluvchi va alohida kuchlarga bo'linadi.

Gidrotexnika tunnelari uchun uchta davrni ajratib ko'rsatish mumkin: qurilish, foydalanish va ta'mirlash.

Doimiy kuchlar va ta'sirlarga butun inshoot mavjud bo'lgan vaqtdagi kuchlar kiradi. Vaqtinchalik kuchlar biror bir qurilish yoki foydalanish davri bilan xarakterlanadi.

Doimiy kuch va ta'sirlarga quyidagilar kiradi: tog' bosimi, qoplama og'irligi, konstruksiyaning dastlabki kuchlanishi ta'siri.

Vaqtinchalik uzoq ta'sir qiladigan kuchlarga suv omborida normal dirnlangan sath bo'lganda tunneldagi ichki suv bosimi, yer osti suvlari bosimi kiradi.

Qisqa muddatli ta'sir qiluvchi kuchlarga quyidagilar kiradi: suv oqimining maromiy (pulsatsiya) bosimi; tunnel normal ishlayotganda suvning gidravlik zarbdan hosil bo'ladigan ichki bosimi; harorat-iqlimiy ta'sir (po'lat qobiqlar uchun); sementatsiya paytida qoplamaga qorishmaning bosimi; qurilish ishlarini bajarishda mexanizimlardan hosil bo'lgan bosim.

Alohida kuch va ta'sirlarga quyidagilar kiradi: seysmik va portlatish kuchlari; suv omborida maksimal suv sathi bo'lganda yoki yuk to'la tashlab yuborilgandagi gidravlik zarbdan hosil bo'lgan tunneldagi ichki suv bosimi; Harorat o'zgarishi, betonning qisqarishi, grutning yoyilishi natijasida hosil bo'lgan kuchlar.

8.3- jadval

Kuch va ta'sirlar	Kuchlar bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti γ_i
Vertikal tog' bosimi:	
Gumbaz hosil bo'lishida grunt og'irligidan	1,5 1,1 (0,9)
Tunnel ustidagi barcha jins qat'lami og'irligidan yoki buzilgan zorra og'irligidan	1,2 (0,8) 1,2 (0,9)
Gorizontal tog' bosimi qoplama og'irligi	1
Suvning ichki bosimi (gidravlik zarbni hisobga olib)	1,2 1,1 (0,9)
Bosim:	1,2 (1,0)
Suv oqimining maromiy bosimi	1,2
yer osti suvlari bosimi	
sementatsiya qorishmasi bosimi	
mexanizimlardan hosil bo'lgan bosim	

Eslatma yuklar bo'yicha ishonchlilik (mustahkamlik) koeffitsiyentini qavs ichidagi miqdori quyidagi holatga tegishli, ya'ni koeffitsiyentining kichik miqdorini qo'llash tunnel qoplamasini noqulay holatda yuklashga olib keladi.

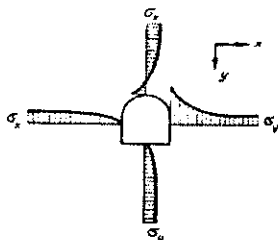
Tunnel qoplamalari kuchlar va ta'sirlar birikmasiga (to'plamiga) hisoblanadi. Asosiy kuchlar birikmasiga doimiy, vaqtinchalik (uzoq va qisqa vaqtda ta'sir qiluvchi) kuchlar kiradi.

Alohida kuchlar birikmasiga doimiy, vaqtinchalik (uzoq ta'sir qiluvchi, ayrim qisqa muddatda ta'sir qiluvchi) va asosiy kuch va ta'sirlardan biri kiradi. Hisoblashlarda kuch va ta'sirlar eng noqulay, lekin mumkin bo'lgan birikmada alohida foydalanish, qurilish yoki ta'mirlash davri uchun alohida qabul qilinishi kerak. Tunnellar qoplamasining mustahkamlik va turg'unlik hisoblarida birinchi chegaraviy holat kuchlar bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyentini 8.3-jadvaldan qabul qilinadi.

Ikkinchi chegaraviy holatda hisoblanganda yuklar bo'yicha ishonchlilik miqdorini 1 ga teng deb qabul qilinadi.

Tog' bosimi deb tunnel qazilmasini jinslarda hosil bo'ladigan va ushbu jinslarni deformatsiyalanishiga olib keladigan bosimga aytiladi. Agarda tunnel qazilgunga qadar qaysidir bir gorizontaal kesimida bosim normal kuchlanishlar $\sigma_x = P$ va $\sigma_y = \xi P$ bo'lsa, bunda ξ — yon bosim koeffitsiyenti, tunnel qurilgandan so'ng kuchlanish qayta taqsimlanadi.

Qazilmaning vertikal qismida σ_y ortadi, σ_x esa kamayadi. Qazilmaning gorizontaal tomonida bu nolgacha kamayadi, bu esa manfiy bo'ladi, ya'ni cho'zilish hosil bo'ladi.



8.11- rasm. Tunnel qazilmasi atrofida kuchlanishning taqsimlanish epyurasi.

Agar tunnel qazish natijasida hosil bo'lgan deformatsiya elastiklik holatida qolsa, u holda qazilma hech qanday qoplama talab qilmaydi, bu esa mustahkam qattiq jinslarda kuzatiladi.

Elastiklik chegarasidan o'tishi bilan elastik bo'lmagan deformatsiya rivojlana boshlaydi, u o'ziga yangi jins sohasini olib uzoq vaqt davom etishi mumkin. Natijada, agar qazilma konturi mustahkamlanmasa, jins bo'laklari qazilma ichiga ajralib tusha boshlaydi va bu jarayon tabiiy muvozanat shakli hosil bo'lmaguncha davom etadi. Tog' bosimiga ko'plab omillar ta'sir ko'rsatadi: jinsning mustahkamligi va deformatsiyalanishi uni hosil bo'lish sharti, qazilmani qazish ketma-ketligi, mustahkamlagichni o'rnatish vaqti va uning bikirligi.

Tunnel o'qi antiklinal gumbaz tubiga joylashganda tog' bosimi miqdori sinklinal zonaga joylashganga nisbatan kamroq. Kuchli yoriqlangan tektonik yoriqli zonalarda tog' bosimi ortadi va tunnelni qazish davrida jins bo'laklarining ko'chishi va o'pirilishi xavfi ortadi.

Tunnel atrofidagi jinslar namlanganda tog' bosimidan tashqari qo'shimcha yer osti suvlarining gidrostatik bosimi hosil bo'ladi. Tog' bosimini nazariy tomondan faqat taqriban aniqlash mumkin va u dastlabki hisoblarda qo'llaniladi. Yirik inshootlarning loyiha topshirig'ini ishlab chiqishda tog' bosimi miqdori eksperiment yordamida bevosita tunnel qazilmasida aniqlanadi.

Tog' bosimining o'zgarish qonunlarini va uni hisob qila bilish tunnel qurish amaliyotida muhim ahamiyatga ega.

Tog' bosimi uch xil bo'ladi.

1. yuqoridan pastga yo'nalgan vertikal bosim;
2. gorizontga burchak hosil qilib yo'nalgan ko'ndalang bosim;
3. tunnel o'qi bo'ylab yo'nalgan ko'ndalang bosim.

Yuqoridan pastga tomon yo'nalgan vertikal bosim eng katta qiymatga ega bo'lib, tunnelning tepasi shu kuchga hisoblanadi. Tunnelning yon devorlarining hisoblarida yon tomondan ta'sir qiluvchi kuch inobatga olinadi.

Tog' bosimini prof.M.M Protodyakonov usulida hisoblash. Kengligi V_0 bo'lgan to'g'ri burchakli tunnel qazilmasi ustidan jinsning deformatsiyalanishi natijasida jinsning bir qismi harakatga keladi va o'pirilib tushishi mumkin.

Jinsning o'pirilib tushishi chegarasi ASB gumbaz bo'lishi mumkin, unda cho'zuvchi kuchlar bo'lmaydi deb hisoblash mumkin, siquvchi kuchlar esa yo'l qo'yilgan miqdorda bo'ladi va o'pirilish tekisligi A_p va V_r gorizontga $45^\circ + \varphi/2$ burchak ostida yo'nalgan (8.11-rasm). U holda VS oraliqdagi vertikal tog' bosimi o'pirilish gumbazidagi jins og'irligiga mos keladi(rasmda shtrix bilan ko'rsatilgan zona). ASV

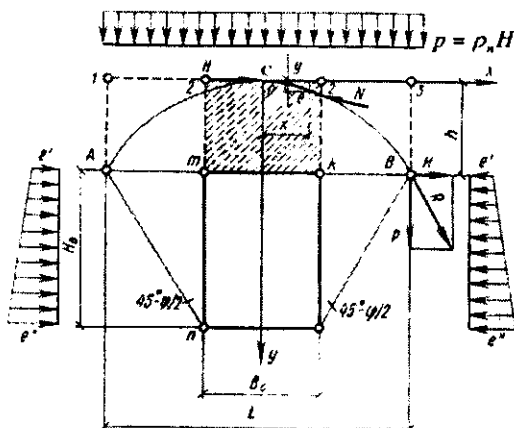
archasimon gumbaz shaklini taxminan yuqorida yotgan jinsdan teng taqsimlangan R kuch muvozanati shartidan, gumbazda momentlar yo'q deb, ya'ni faqat markaziy siquvchi kuch N bor deb aniqlash mumkin.

Ixtiyoriy ajratib olingan OC uchastka (8.12- rasm) muvozanati, gumbazning moment yuborilgan qismining ta'sirini almashtiradigan ixtiyoriy itarish (tirgak) kuchi H va bo'ylama kuch N qo'yilgan, koordinatalari X va Y bo'lgan C nuqtaga nisbatan barcha kuchlarning momenti nolga tengligi bilan ifodalanishi mumkin.

Ushbu shartga ko'ra

$$Hy - PX^2/2 = 0 \text{ yoki } y = px^2/(2H) \quad (8.28)$$

Ya'ni ASV parabola shakliga ega. H ning miqdorini aniqlash uchun arka tovonni A va B larni mustahkamlik shartini ko'rib chiqamiz.



8.12 - rasm. Tog' bosimini M.Protodyakonov usulida aniqlashda kuchlar sxemasi.

Arka tovonida masalan, B (8.3-rasm) itarish kuchi H va vertikal reaksiyasi $R = 0.5 rL$ ta'sir qiladi, bunda $L = B_0 + 2H_0 \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)$. Gumbaz tovonni A va B turg'unligi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak, ya'ni ishqalanish kuchi siljituvchi kuchdan katta bo'lishi kerak.

$$H < f_k P \text{ yoki } H < 0.5 p L f_k. \quad (8.29)$$

bunda, f_k — jinsning mustahkamlik koeffitsiyenti.

Gumbaz turg'unligi zaxirasini ikkiga teng deb qabul qilib, quyidagiga ega bo'lamiz

$$H = 0,25 f_k p L, \quad (8.30)$$

(8.30)dan H ning qiymatini (8.28) ifodaga qo'yib, $x = 0,5L$ va $y = h$ da parabolik gumbaz balandligini aniqlaymiz:

$$h = L/(2f_k), \quad (8.31)$$

To'la tog' bosimi ASVA egri chizig'i bilan chegaratongan arkaning og'irligiga teng. Arkaning 1 pogon metriga to'g'ri keladigan og'irlikni topish uchun uning sirti tog' jinsining zichligiga ko'paytiriladi.

Parabolaning yuzi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\omega = (2/3)L \cdot h. \quad (8.32)$$

To'la bosim quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = \rho \omega = (2 \cdot \rho L h) / 3 = \frac{\rho L^2}{3 f_k}, \quad (8.33)$$

bunda, ρ – jinsning zichligi.

1 p.m.ga to'g'ri keladigan solishtirma o'rtacha bosim

$$q = \frac{Q}{L} = \rho \frac{L}{3 f_k} = \frac{2}{3} \rho h, \quad (8.34)$$

QMQ 2.06.02-98 ga ko'ra vertikal tog' bosimining me'yoriy miqdori quyidagicha qabul qilinadi:

$$q_{izm} = \beta \cdot \rho h, \quad (8.35)$$

bunda:

$B_0 < 5.5$ m bo'lganda $\beta = 0.7$

$B_0 \geq 7.5$ m bo'lganda $\beta = 1$

$5.5 < V_0 < 7.5$ m bo'lganda 0.7 va 1.0 oralig'ida interpolatsiya qilib qabul qilinadi.

Gorizontal tog' bosimi sochiluvchan jism nazariyasiga ko'ra devorga ta'sir qilayotgan bosim kabi aniqlanadi, bunda ichki ishqalanish burchagiga jinsning siljishiga qarshilik burchagi qabul qilinadi, $\varphi = \arctg f_k$

$$\left. \begin{aligned} e^I &= \rho h f_k g^2 (45^\circ - \varphi / 2) \\ e^{II} &= \rho (h + H_0) f_k g^2 (45^\circ - \varphi / 2) \end{aligned} \right\}. \quad (8.36)$$

Hisoblashlarda o'rtacha teng taqsimlangan, lekin vertikal tog' bosimidan ko'p bo'lmagan gorizontal tog' bosimi qabul qilinadi:

$$e = \rho (h + 0,5 H_0) f_k g^2 (45^\circ - \varphi / 2). \quad (8.37)$$

Jinsning mustahkamlik koeffitsiyentini umumlashgan holda ishqalanish koeffitsiyentini f va solishtirma bikir bog'lanish kuchi S ni

Jinsning mustahkamlik koeffitsiyentini umumlashgan holda ishqalanish koeffitsiyentini f va solishtirma bikir bog'lanish kuchi S ni hisobga oladi va quyidagi ko'rinish bilan ifodalanadi: $f_k = f + s/p$ f_k ning taxminiy qiymati 8.4-jadvalda keltirilgan.

Gumbazning balandligini aniqlaydigan (8.31) formula $f_k < 4$ bo'lganda qo'llaniladi. $f_k \geq 4$ bo'lganda tog' bosimi buzilgan zona hajmi bilan aniqlanadi. Ushbu zona hajmi naturadagi tekshirishlar natijasida belgilanadi yoki dastlabki hisoblar uchun $h = k_a B_0$ k_a ifodadan aniqlanadi koeffitsiyenti jinsning yoriqlik darajasiga va mustahkamlik koeffitsiyenti f_k ga bog'liq

f_k	4	5-9	10
k_a	0,2-0,3	0,1-0,25	0,05-0,15

Jinslarning mustahkamlik koeffitsiyenti miqdori f_k

8.4- jadval

Jinslar	f_k
Qum, mayda shag'al, to'kma grunt	0,5
Zich gil	1
Yumshoq qoya jinslar	2
mustahkam slanets, mustahkam bo'lmagan qum tosh va ohaktosh	4
Nisbatan mustahkam qum tosh	6
mustahkam ohaktosh, qum tosh marmar	8
Zich shag'al, juda mustahkam qumtosh va ohaktosh	10
Eng mustahkam zich jinslar	20

Ushbu qiymatlarning kichigi kuchsiz yoriqlangan jinslarga, kattasi esa kuchli yoriqlangan jinslarga tegishli. Gorizental tog' bosimi $f_k \geq 4$ bo'lganda qoidaga ko'ra faqat tunnel devorlari baland (6 m dan katta) bo'lganda hisobga olinadi.

Chuqurda joylashgan qazilmalar uchun tog' bosimi ma'lum sharoitda jinsning plastik holatini va boshqa maxsus omillarni hisobga oluvchi maxsus tadqiqotlar yordamida aniqlanadi.

Agar tunnel tepasi yer yuzasidan bosim gumbazining ikkita karra balandligidan kichik chuqurlikda joylashgan bo'lsa, tog' bosimi tunnel ustidagi jins qatlami og'irligiga teng qilib qabul qilinadi.

8.4 Gidrotexnika tunneli qoplamalarining chegaraviy holat bo'yicha hisoblash asoslari

Gidrotexnika tunnellari qoplamalari hisoblari chegaraviy holat usulida QMQ 2.06.08-98 va QMQ 2.03.05-97 talablariga muvofiq bajarilishi kerak.

Bunda konstruksiya yuk ko'tarish qobiliyati hisoblari talablarini qondirishi kerak (1-guruh chegaraviy holati).

Qoplamaning hisoblarini quyidagilar bo'yicha bajarish kerak:

a) yuk ko'tarish qobiliyati bo'yicha mustahkamlikka va kerakli hollarda konstruksiya shaklining turg'unligini tekshirish bilan (1-guruh chegaraviy holati);

b) ikkinchi guruh chegaraviy holati bo'yicha deformatsiya bo'yicha qachonki ko'chish miqdori konstruksiyadan me'yorda foydalanish imkoniyatini cheklab qo'yishi mumkin bo'lsa, yoriqlar hosil bo'lishi bo'yicha – qachonki inshootdan me'yorda foydalanish shartiga ko'ra yoriqlar hosil bo'lishiga yo'l qo'yilmasa, yoriqlarning ochilish miqdoriga cheklov bo'yicha, agar ularning ochilishi qoplamani ko'pga chidamlilik sharti bo'yicha, atrofdagi grunt massivini saqlanish sharti bo'yicha hamda tunnel ichidagi suvning filtratsiya sarfi bo'yicha yo'l qo'yilgan bo'lsa. Qoplama konstruksiyasi barcha kuchlar birikmasida birinchi guruh chegaraviy holati hisoblari talablarini qondirishi kerak. Ikkinchi guruh chegaraviy holatlari hisoblarida esa faqat asosiy yuk va ta'sirlar talablariga javob berishi kerak.

Chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblar konstruksiyani qurish, yig'ish va foydalanish kabi barcha bosqichlarida bajariladi.

Beton va temir-beton konstruksiyalar uchun birinchi guruh chegaraviy holat boshlanganligi quyidagicha baholanadi:

$$\gamma_n \gamma_m N_p \leq \gamma_c \cdot R,$$

bunda, γ_n – inshootning vazifasi bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti,

QMQ 2.06.01-97 ga ko'ra I – sinf inshootlari uchun – 1.25, II- sinf uchun – 1.2, III- sinf uchun – 4.15, IV-sinf uchun – 1.1 ga teng deb qabul qilinadi;

γ_m – yuklanishlar birikmasi koeffitsiyenti, uning miqdori asosiy kuchlar birikmasi uchun $\gamma_m = 1$; alohida kuchlar birikmasi uchun $\gamma_m = 0,9$; qurilish va ta'mirlash davri uchun $\gamma_m = 0,95$ ga teng deb qabul qilinadi.

N_p —umumlashgan kuchlar ta'siri hisobiy miqdori (jumladan kuchlanish) uning miqdori yuklar bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyentiga ko'ra (9.3 jadvalga qarang) aniqlanadi.

r_c — Ish sharoitlari koeffitsiyenti, bu koeffitsiyent chegaraviy holatni hisoblash sxemasining taqribiylikini, inshoot tipini, material turini va h. Hisobga oladi va QMQ 2.06.02-98 dagi 8, 9-jadvallardan qabul qilinadi.

R — Konstruksiya yoki uning kesimining umumiy yuk ko'tarish qobiliyatining hisobiy miqdori.

Yoriq hosil bo'lish miqdorini cheklash bo'yicha ikkinchi guruh chegaraviy holat hisoblarida yoriqlarning ochilishining yo'l qo'yilgan miqdorini betonning ko'pga chidamlilik va armaturani saqlanish shartiga ko'ra I – sinf tunnellari qoplamasi uchun adabiyotdagi XI.7-jadvaldan qabul qilinishi kerak.

II, III, IV- sinf tunnellari uchun yoriqlarni yo'l qo'yilgan miqdori [1] adabiyotdagi XI.7-jadvaldagi keltirilgan miqdorga nisbatan mos ravishda 1,3; 1,6; 2 marotaba katta lekin 0,5 mm dan katta emas, qilib qabul qilinadi.

8.5. Tunnellar qoplamalarini birinchi guruh chegaraviy holatlari bo'yicha hisoblash (QMQ 2.06.02-98 bo'yicha)

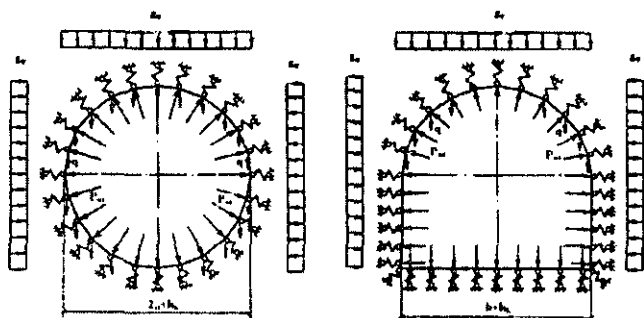
8.5.1. Erkin shaklga ega bo'lgan beton va temir-beton qoplamalarini hisoblash

Hisobiy sxemada. qoidaga ko'ra, yuklanishlar, shu jumladan tog' bosimi ham berilgan faraz qilinadi, grunt qarshi zarbasi esa tarang asos reaksiyasi kabi aniqlanadi.

Qoplamalarning tarang muhitda bir tomonlama bog'lanishlar bilan bo'lgan sterjenli tizimlar kabi mumkin bo'lgan eng sodda hisoblash sxemalari (8.13- rasmda) ko'rsatilgan.

Mustahkamlikni hisoblash hisobiy yuklanishlarga (yuklanishlar bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyentlarini hisobga olgan holda) 6- qismga muvofiq bajarilishi, qattqlik 7.12.b ga muvofiq gruntning qarshi zarba koeffitsiyenti-7.13-7.16.b ga muvofiq qabul qilinishi lozim.

Qoplamalar kesimlarini hisoblash va armaturaning zaruriy kesim yuzasini A_3 aniqlash QMQ 2.06.08-97 bo'yicha amalga oshirilishi lozim.



8.13 -rasm. Qoplamalarning hisobiy sxemasi.

8.5.2 Yumaloq shaklli bosimli tunnellar po'lat temir-beton, temir-beton, armaturalangan purkama-beton va temir-betonli qoplamalarni loyihalashtirishning boshlang'ich bosqichlaridagi hisoblari

Loyihalashtirishning boshlang'ich bosqichlarida bosimli tunnellar hisoblari kesim chegaralarida o'zgarmas bo'lgan faqat ichki bosmini hisobga oluvchi taxminiy formulalar bo'yicha bajariladi.

Ishchi armaturaning kesim yuzasi A_3 , sm^2 , tunnel uzunligining l sm da: quyidagi shart bajarilishida

$$h_{qt} \geq \frac{K_0 r_i \gamma_c R_s}{r_s \rho g E_s \gamma_n \gamma_u}, \quad (8.38)$$

ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$A_3 = \frac{\gamma_n \gamma_u \rho_w r_i}{\gamma_c R_s} - \frac{A_n R_y}{R_s} - \frac{K_0 r_i}{E_s}. \quad (8.39)$$

(8.38)shart bajarilishida –ushbu formula bo'yicha

$$A_3 = \frac{\gamma_n \gamma_u \rho_w r_i}{\gamma_c R_s} - \frac{A_n R_y}{R_s} - \frac{\rho g h_{qt} r_i}{1000 \gamma_c R_s}, \quad (8.40)$$

bunda

ρ_w –mo'tadil foydalanish davridagi gidravlik zarbani hisobga olgan holdagi suvning hisobiy ichki bosimi, MPa;

h_{qt} –tunnel gumbazining eng yuqori nuqtasidan yer ustki yuzasigacha bo'lgan masofa, sm;

R_s , E_s – armaturaning cho'zilish va armatura taranglik moduliga bo'lgan hisobiy qarshiligi, MPa;

A_{si} — po‘lat qobiqchanning tunnelning 1 sm uzunligidagi kesim yuzasi;

R_y — QMQ 2,03,03-97 bo‘yicha qabul qilinuvchi, po‘lat qobiqchanning hisobiy qarshiligi;

K_0 — gruntning solishtirma qarshi zarba koeffitsiyenti, N/sm^3 ;

ρ —gruntning zichligi, kg/sm^3 ;

$\gamma_e, \gamma_n, \gamma_k$ — 7.3 b.ga binoan qabul qilinuvchi koeffitsiyentlar.

Agar (8.38) yoki (8.39) formulalar bo‘yicha $A_s < 0$ bo‘lsa (ya‘ni hisobiy armatura talab etilmaydi va suvning ichki bosimi to‘la holda grunt orqali qabul qilinadi) A_s qiymat 4.25 b. ga binoan armaturalashning minimal foizi bo‘yicha qabul qilinishi lozim.

8.5.3 Tashqi bir butun qo‘yilgan beton halqa bilan uyg‘unlashgan qoplamalar po‘lat qobiqchalarini hisoblash

Po‘lat qobiqchalar tunneldagi suvning ichki bosimi ta‘siriga, yer osti suvlarining tashqi bosimiga, qorishma (sementatsiyalashda) va yangi yotqizilgan beton ta‘sirilariga harorat ta‘sirilarini hisobga olgan holda, shuningdek, tuzilma og‘irligi va qobiqchani montaj qilishdagi mexanizmlar ta‘sirilariga hisoblanishi lozim.

Po‘lat qobiqchalarning hisoblanishida tog‘ bosimining ta‘siri hisobga olinmaydi.

Yuklanish bo‘yicha ishonchlilik koeffitsiyenti γ_e inshoot vazifasi bo‘yicha ishonchlilik γ_n hamda ish sharoitlari koeffitsiyenti γ_s 6.8 va 7.3 bb.ga binoan qabul qilinishi lozim.

Eslatma: Ish sharoitlari koeffitsiyenti γ_s po‘lat qobiqchalarni hisoblash uchun mahalliy kuchlanishlarni hisobga olmagan holda keltirilgan.

Po‘lat qobiqchalarning mustahkamlikka bo‘lgan hisoblari quyidagi formula bo‘yicha bajarilishi lozim:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_z + \sigma_z^2} \leq \frac{\gamma_e R}{\gamma_n}, \quad \text{bo'ylama} \quad (8.41)$$

bunda quyidagi shartlar bajarilishi zarur:

$$\sigma_x \leq \frac{R\gamma_s}{\gamma_n}; \quad \sigma_z \leq \frac{R\gamma_c}{\gamma_n},$$

bunda σ_x, σ_g qobiqchanning ko‘ndalang va kesimida bo‘lganga muvofiq ravishdagi me‘yoriy kuchlanish, MPa;

R- ichki bosimni hisoblashda, R_u/γ_s ga teng bo'lgan grunt qarshi zarbasining hisobga olgan holdagi, ichki bosimga bo'lgan hisoblarda grunt qarshi zarbasini va tashqi bosimning R_u hisobga olmagan holdagi hisobiy qarshilik, MPa;

R_u, R_y – mos ravishda vaqtinchalik qarshilik bo'yicha va QMQ 2.03.05-97 bo'yicha qabul qilinuvchi oquvchanlik chegarasi bo'yicha bo'lgan po'latning cho'zilish, siqilish va egilishga bo'lgan hisobiy qarshiliklari, MPa;

γ_u – vaqtinchalik qarshilik bo'yicha mustahkamlikka hisoblanuvchi tuzilmalar elementlari uchun ishonchlilik koeffitsiyenti bo'lib, u 1,3 ga tengdir.

Qobiqchanning ko'ndalang kesimida suvning ichki bosimidan bo'lgan me'yoriy kuchlanish σ_r , quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

a) gruntning qarshi zarbasi mavjud bo'lganda

$$\sigma_r = \frac{\rho_m r_m + a_r K_\sigma}{t + 4,33 \cdot 10^{-6} r_m K_\sigma}, \quad (8.42)$$

bunda, R_{u1} – suvning hisobiy ichki bosimi, MPa,

r_m – qobiqchanning o'rtacha radiusi, sm

t – qobiqcha devorining qalinligi, sm;

a_r – qobiqcha va beton orasidagi tirqish, sm,

$K_{\sigma 1}$ – gruntning solishtirma qarshi zarbasi keltirilgan koeffitsiyenti bo'lib N/sm^2 , quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K_\sigma = \frac{1}{\frac{1}{E_b} \ln \frac{r_c}{r_m} + \frac{1}{K_0}}, \quad (8.43)$$

r_c – beton halqaning tashqi radiusi, sm;

E_b – betonning taranglik moduli, MPa,

b) gruntning qarshi zarbasi mavjud bo'lmaganda yoki

$\frac{a_r}{a_m} \geq 4,33 \cdot 10^{-6} \frac{\rho_m r_m}{t}$ bo'lganda

$$\sigma_r = \frac{\rho_m r_m}{t} \quad (8.44)$$

Qobiqcha va beton orasidagi hisobiy radial tirqish a_r , sm, quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$a_r = a_{r1} + a_{r2} + a_{r3} \quad (8.45)$$

bunda, a_{r1}, a_{r2}, a_{r3} – mos ravishda harorat ta'sirlari, beton kirishishi va gruntning siljishga bog'liq bo'lgan holdagi radial tirqishining tashkil etuvchilari, sm.

Harorat ta'sirlaridan bo'lgan tashkil etuvchi tirqish a_{r1} quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$a_{r1} = 15,6 \cdot 10^{-6} r_m (t_{\max} - t_{\min}), \quad (8.46)$$

bunda $t_{\max}$ – to'ldirish sementatsiya vaqtida tunnelda bo'lgan eng yuqori harorat, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\min}$ – tunneldagi suv yoki havoning minimal harorati $^{\circ}\text{C}$.

Tadqiqotlar ma'lumotlari bo'yicha aniqlanuvchi, beton kirishishi a_{r2} va grunt siljishidagi a_{r3} bo'lgan tirqishning tashkil etuvchilari faqat yuklanishlarning alohida mujassamligiga bo'lgan hisoblarida hisobga olinishi kerak.

Dastlabki hisoblar uchun quyidagicha qabul qilinishiga yo'l qo'yiladi:

$$a_r = 3,10^{-4} r_m, \quad (8.47)$$

Qobiqchanning ko'ndalang kesimlarida tashqi bosimdan hosil bo'lgan me'yoriy kuchlanish σ_x , MPa quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\sigma_x = \frac{P_{we} r_m}{t}, \quad (8.48)$$

bunda, R_{we} – hisobiy tashqi bosim, MPa.

Qobiqchanning ko'ndalang kesimidagi me'yoriy kuchlanish, MPa quyidagi tarzda aniqlanadi:

harorat ta'sirlaridan hosil bo'lganda quyidagi formula bo'yicha

$$\sigma_{x1} = -2,52 t_a, \quad (8.49)$$

bunda, t_a – hisobiy harorat o'zgarishi, $^{\circ}\text{C}$;

ko'ndalang deformatsiya siqilib chiqishidan hosil bo'lganda quyidagi formula bo'yicha

$$\sigma_{x2} = 0,3 \sigma_x, \quad (8.50)$$

Hisobiy harorat o'zgarishi t_a quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

haroratning ko'tarilishida

$$t_a = t_{\max} - t_{b,\min}, \quad (8.51)$$

haroratning pasayishida

$$t_a = t_{\max} - t_{b,\max}, \quad (8.52)$$

bunda, $t_{\max}$, $t_{\min}$ – tunneldagi suv yoki havoning muvofiq ravishdagi eng past harorati $^{\circ}\text{C}$.

$t_{b,\max}$, $t_{b,\min}$ – qobiqchanning betonlash davrida uni muvofiq ravishdagi eng yuqori va eng past harorati, $^{\circ}\text{C}$.

Po'lat qobiqchanning qattiqlik qobirg'alari oldida, shuningdek, ko'pi bilan 10^0 burchak ostida tashkil etgan siniqlik mavjud joylarida vujudga keluvchi mahalliy kuchlanishlarni hisobga olinmasligiga yo'l qo'yiladi.

Tashqi bosim p_{we} , MPa, ta'siri ostida po'lat qobiqchanning turg'unlikka bo'lgan hisobi quyidagi formula bo'yicha bajarilishi lozim:

$$p_{we} < \frac{\gamma_c p_{\sigma} \xi}{\gamma_n}, \quad (8.53)$$

bunda, p_{σ} – kritik tashqi bosim, MPa;

ξ - 8.5- jadval bo'yicha qabul qilinuvchi koeffitsiyent

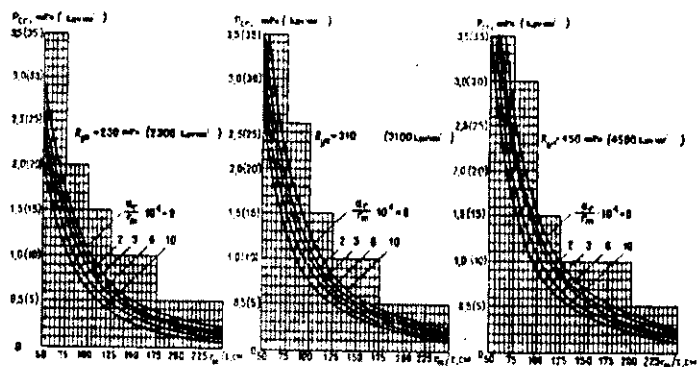
8.5- jadval

$\frac{p_{\sigma} r_m}{t R_{ym}}$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
ξ	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4

$\frac{p_{\sigma} r_m}{t R_{ym}} > 2,5$ bo'lganda quyidagicha qabul qilinadi :

$$p_{\sigma} \xi \frac{R_{ym} t}{r_m}, \quad (8.54)$$

bunda, R_{ym} – po'lat oquvchanligining me'yoriy chegarasi, MPa,



8.14-rasm. Kritik tashqi bosimni p_{σ} devorning nisbiy qalinligi r_m/t

bog'liq grafigi R_{ym} - po'latning oquvchanlik chegarasi bo'yicha me'yoriy qarshilik, MPa (kgs/sm²): a_r – qobiqcha devori va beton oralig'idagi maksimal hisobiy radial tirqish, sm; r_m – qobiqchanning o'rtacha radiusi, sm; t – qobiqcha devori qalinligi, sm.

Qattiqlilik halqalari mavjud bo'lmagan va $\frac{l}{r_m} > 2$ (bunda l – halqalar orasidagi masofa, sm) holdagi kritik tashqi bosim grafik tarzda 8.14-rasm bo'yicha aniqlanishi lozim. Shuningdek, bu holda turg'unlik hisobi EHM da standart dasturlar bo'yicha bajarilishiga ruxsat etiladi.

Qattiq halqalari mavjud bo'lgandagi kritik tashqi bosim p_σ MPa, quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$0,5 \leq \frac{l}{r_m} \leq 2$ bo'lganda,

$$p_\sigma = 0,92 E_s \left(\frac{t}{R_m} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (8.55)$$

$\frac{l}{r_m} < 0,5$ bo'lganda

$$p_\sigma = E_s \frac{t}{r_m} \left[\frac{1}{n_w^2 m^2} + 0,092 \left(\frac{t}{r_m} \right)^2 n_w^2 \left(1 + \frac{2}{m} \right) \right], \quad (8.56)$$

bunda, E_s – po'latning taranglik moduli, MPa;

n_w – qobiqning ezilishida vujudga keluvchi to'liqlar soni bo'lib, p_σ ning minimal qiymatini hosil qilish uchun tanlanadi.

$$m = 1 + \left(\frac{n_w l}{\pi r_m} \right)^2.$$

Qazishma tashqi o'lchamlarini kichraytirish maqsadida qattiqlik halqalarining minimal kesimida bo'lgan tarzda loyihalashtirilishi joiz.

Qoplama betonida, betonning cho'zilishiga bo'lgan mustahkamligini muvofiq ravishda ta'minlanishi bilan qattiqlik halqalarini ankerlash ko'zda tutilishi tavsiya etiladi. Ankerlashning iloji bo'lmasa, to'g'ri to'rtburchakli ko'ndalang kesimli qattiqlilik halqalari hisobi quyidagi formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$\gamma_n \frac{p_\sigma l_s r_m}{\gamma_s A_s} \left(1 + \frac{\gamma_r}{r_r} x \right) + \frac{\gamma_r E_s a_r}{r_r^2} x \leq R_y, \quad (8.57)$$

Bunda:

t_r – qattiqlilik halqasi qalinligi, sm;

γ_r – halqa kesimi og'irlik markazidan eng ko'p uzoqlashgan tolagacha bo'lgan masofa sm;

x – 8.15- rasm bo'yicha aniqlanuvchi koeffitsiyent bo'lib, quyidagi kattaliklar miqdoriga bog'liq.

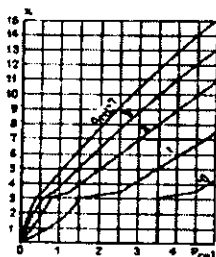
$$p_\sigma = \frac{\gamma_n p_\sigma}{\gamma_s E_s \left[0,092 \left(\frac{t}{R_m} \right)^3 + \frac{l_s}{r_r^2 l} \right]},$$

$$a_{rel} = \frac{a_0}{a_r + \frac{\rho_{sv} l_s r_m r_r \gamma_n}{\gamma_c E_c A_r}}$$

r_r, A_r, l_s – muvofiq ravishda markaziy o‘q radiusi, sm;

$l_s = 1,56\sqrt{r_m t} + t$, sm⁴ uzunlikdagi belbog‘cha biriktirilgan halqa ko‘ndalang kesimining yuzasi sm va inersiya momenti.

$a_0 = 0,0025r_m$ – halqa radiusining nazariy radiusdan boshlang‘ich chekinishi.



8.15-rasm. $a_{rel} = const$ bo‘lganda, χ – koeffitsiyentining r_{rel} ga bog‘liqlik grafigi.

8.6 Ikkinchi guruh chegaraviy holatlar bo‘yicha tunnellar qoplamalari hisobi(QMQ 2.06.02-98 bo‘yicha)

8.6.1 Erkin shaklda bo‘lgan beton va temir-beton qoplamalari hisobi

Hisob 6 va 7 – qismlarga muvofiq ravishda gruntning qarshi zarbasini hisobga olgan holda me‘yoriy kuchlanishlar mujassamligi asosida bajarilishi lozim; kesim qattiqligi 7.12 b.ga binoan qabul qilinadi.

Hosil qilingan kuchlanishlar bo‘yicha (eguvchi moment va me‘yoriy kuch)yoriqlar hosil bo‘lishi va ochilishi bo‘yicha hisob bajarilishi zarur.

4.27b.ga javob beruvchi shartlar uchun loyihalashtiruvchi yoriqbardosh qoplamalar, yoriqlar paydo bo‘lishi QMQ 2.06.08-97 ga binoan tekshirilishi lozim.

Yoriqbardosh bo‘lmagan qoplamalar yoriqlar ochilishi bo‘yicha ushbu hisoblarning 4 va 5-qismlariga muvofiq hisoblanishi lozim.

8.6.2. Yumaloq shaklli beton va temir-beton qoplamalari loyihalashtirilishining dastlabki bosqichlarida yoriqlar hosil bo'lishi bo'yicha hisobi

4.27.b. ga javob beruvchi shartlar uchun loyihalashtiruvchi, loyihalashtirishning boshlang'ich bosqichlaridagi yoriqbardosh qoplamalarida yoriqlar paydo bo'lishi bo'yicha hisobi, ichki bosim ta'siri ostida yoriqbardoshlikni ta'min etuvchi (8.58) va (8.59) formulalar bo'yicha bajarilishiga yo'l qo'yiladi.

Qoplama qalinligi h_{qop} sm quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanishi lozim:

– gruntning solishtirma qarshi zarba koeffitsiyenti $K_0 \leq 2000 \text{ N/sm}^2$

$$h_k = \frac{r_c}{1 + \frac{30\mu}{R_{bet}}} \left(\frac{p_{suv}}{\gamma_c R_{bet}} - \frac{K_0}{E_k} \right), \quad (8.58)$$

bunda p_{suv} – suvning me'yoridagi ichki bosimi, MPa;

E_k – qoplama materialining qattqlik moduli bo'lib, u $0.7E_b$, MPa ga teng etib qabul qilinadi;

R_{bet} – qoplama materiallariga cho'zilishga bo'lgan me'yoriy qarshilik bo'lib, beton sinfiga muvofiq QMQ 2.03.01-97 bo'yicha qabul qilinadi, MPa;

μ – kesimni armaturalanish koeffitsiyenti;

$K_0 > 2000 \text{ n/sm}^3$ bo'lganda oz yoriqsimon gruntlarda ;

$$h_k = \frac{r_c(p_{suv} - K_0\varepsilon)}{\gamma_c R_{bet} \left(1 + \frac{30\mu}{R_{bet}} \right) + K_0\varepsilon} \quad (8.59)$$

bunda

$$\varepsilon = 0,25 \cdot 10^{-4} \gamma_c R_{bet} \lg(0,05 K_0 + 10)$$

8.6.3. Purkama betondan bo'lgan qoplamalarning tashqi bosimida yoriqlar paydo bo'lishi (yoriqbardoshlikka) bo'yicha hisoblash

Purkama betondan bo'lgan tutib turuvchi qoplamalar qalinligi h_k , m quyidagi formula bo'yicha aniqlanishi lozim:

$$h_k = 0,35a \sqrt{\frac{g_{qr} + p_{suv}}{\gamma_c R_{bet}}}, \quad (8.60)$$

bunda g_{qr} – vertikal tog' bosimining me'yoriy qiymati (6.12.b) MPa.

maxsus asoslash bo'lganda tog' bosimi ankerlar orasida bo'lishi mumkin bo'lgan ajralish shartlaridan kelib chiqqan holda aniqlanishiga yo'l qo'yiladi;

p_{su} – suv qochirish yoki boshqa tadbirlar orqali yer osti suvlari sathining pasayishini hisobga olgan holdagi, suvning qoldiq gidrostatik bosimi, MPa;

R_k – cho'zilishga bo'lgan mustahkamlik bo'yicha (QMQ 2.03.01-97 bo'yicha) aniqlanuvchi, betonning loyihaviy sinfidagi cho'zilishi asosida bo'lgan purkama-betonning me'yoriy qarshiligi MPa;

γ_c – ish sharoitlar koeffitsiyenti bo'lib, armaturalanmagan qoplama uchun 0,6 ga teng qilib olinadi;

a – quyidagi shartlaridan kelib chiqqan holda eng kichik tarzda (ammo kamida 1 m) qabul qilinuvchi ko'ndalang va uzunasiga bo'lgan yo'nalishlardagi ankerlar qadami;

a) gruntli gumbaz hosil bo'lishi quyidagi formula bo'yicha:

$$a = l_a - \frac{k_b g_{qr}}{c} (l_a + b) \quad (8.61)$$

bunda, $l_a = h_{qt} + l_{qt}$ – anker uzunligi, m;

h_{qt} – qazishma atrofida grunt massivining buzilgan doirasi chuqurligi, m;

l_{qt} – buzilgan doira tashqarisida ankerning o'rnatilish chuqurligi bo'lib, 0,5-0,7 m ga teng etib olinadi;

b – qazishma oraliq qulochi;

amaliy tadqiqotlar ma'lumotlari bo'yicha qabul qilinuvchi, gruntning yopishish-ilashimligi: dastlabki hisoblashlar uchun = 0,03.f, MPa etib olinishiga yo'l qo'yiladi.

k_b – I kesim shaklidagi qazishmalar uchun 0,2–0,25 ga, qolgan kesim shakllari uchun 0,25-0,63 ga teng bo'lgan koeffitsiyent (q.9.1-rasm);

b) ankerlararo gruntlar turg'unligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$a = \frac{l_a}{3} \sqrt{\frac{c}{g_{qr}}} \quad (8.62)$$

d) ankerning mahkamlanish mustahkamligi quyidagi formula bo'yicha

$$a = \sqrt{\frac{N_a}{\rho g h_q}}, \quad (8.63)$$

bunda N_a – temir-beton ankerlar uchun sterjenning uzilishiga bo'lgan mustahkamligidagi layoqati bo'lib, qolgan boshqa ankerlar uchun 80–100 kN.

8.6.4 Yumaloq shaklli bosimli tunnellar beton qoplamalarida yoriqlar ochilishi kengligini hisoblash

Bir jinsli yoriqsimon gruntlarda yoki sementatsiya bilan mahkamlangan boshqa gruntlarda ko'zda tutilgan, tunnelning beton qoplamalarida, yoriqlar ochilish kengligi a_{ov} mm, quyidagi formula bo'yicha aniqlanishi lozim:

$$a_{ov} = 1000 c_{ov} \frac{p_{suv}}{K_0}, \quad (8.64)$$

bunda

$$c_{ov} = 0,28 + 6,25 \frac{p_{suv}}{K_0} \leq 1;$$

p_{suv} – suvning me'yoriy ichki bosimi, MPa;

K_0 – gruntning qarshi zarba koeffitsiyenti, N/sm³.

8.6.5 Bosimli va bosimsiz tunnellar temir-beton qoplamalarida yoriqlar ochilishi kengligini hisoblash.

Bosimli va bosimsiz tunnellar temir-beton qoplamalaridagi yoriqlar ochilishi kengligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$a_{ov} = \alpha \beta \eta \frac{\sigma_1 - \sigma_{30}}{E_r} \cdot 7,7(4 - 100\mu)\sqrt{d}, \quad (8.65)$$

bunda, α – bloklardan qo'yilgan hamda yoriqsimonlik moduliga bog'liq bo'lgan ravishda qabul qilinuvchi, qoyali grunt yoriqsimonligi ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsiyent:

$M_q > 5$ bo'lganda $\alpha = 1$ bo'ladi;

$M_q < 5$ bo'lganda $\alpha = 2$ bo'ladi;

$1 < M_q < 5$ oraliqda α qiymat interpolatsiya bo'yicha qabul qilinadi;

β – markaziy va markazlashmagan holda cho'zilgan elementlar uchun 1,2 markazlashmagan tarzdagi siqilgan va egiluvchan elementlar uchun 1 ga teng etib olinuvchi koeffitsiyent;

η – davriy kesimli sterjenli armatura bo‘lganda 1, silliq armatura bo‘lganda esa 1,4 etib qabul qilinuvchi koeffitsiyent;

σ_s – cho‘zilgan doiradagi betonning qarshiligini hisobga olmagan holda, cho‘zilgan armaturadagi kuchlanish MPa;

σ_{su} – armaturada betonni bo‘rtishidan bo‘lgan boshlang‘ich cho‘zuvchi kuchlanish suvda turuvchi tuzilmalar uchun MPa, uzoq vaqt quriyidigan shu jumladan qurilish vaqtidagi tuzilmalar uchun $\sigma_{su} = 0$;

$\mu - \mu = \frac{A_s}{bh}$ ga teng etib qabul qilinuvchi, ammo ko‘pi bilan 0,02 (bunda $A_s - 1$ ilovaga binoan aniqlanuvchi yoki 4,32 b ga muvofiq qabul qilinuvchi armatura zaruriy ko‘ndalang kesimi yuzasi) etib olinuvchi kesimini armaturalash koeffitsiyenti

d – armatura sterjenlari diametri mm.

Cho‘zilgan armaturadagi kuchlanish σ_s , mPa, quyidagi formulalar bo‘yicha aniqlanishi lozim:

a) egiluvchi elementlar uchun

$$\sigma_s = \frac{M_n}{A_s z} \quad (8.66)$$

b) markazlashgan tarzda cho‘zilgan elementlar uchun:

$$\sigma_s = \frac{N_n}{A_s} \quad (8.67)$$

v) markazlashmagan tarzda cho‘zilgan hamda markazlashmagan tarzda siqilgan elementlar uchun katta eksentrisitetlarda

$$\sigma_s = \frac{N_n(e_1 \pm z)}{A_s z} \quad (8.68)$$

g) markazlashmagan tarzda cho‘zilgan elementlar uchun kichik eksentrisitetlarda ko‘porq cho‘zilgan armatura uchun.

$$\sigma_s = \frac{N_n e_1}{A_s (h_0 - a_s)}, \quad (8.69)$$

Ozroq cho‘zilgan armatura uchun:

$$\sigma_s = \frac{N_n e_1}{A_s (h_0 - a_s)}, \quad (8.70)$$

bunda

M_n, N_n – 1 ilova (standart dasturlar bo‘yicha) muvofiq aniqlanuvchi me‘yoriy eguvchi moment va bo‘ylama kuch;

z – kesimni mustahkamlikka bo‘lgan hisobi natijalari bo‘yicha qabul qilinuvchi ichki juft kuchlar yelkasi;

h_0 – kesimning ishchi balandligi;

e_c – cho‘zilgan armatura kesim yuzasining og‘irlik markazidan bo‘ylama kuchgacha bo‘lgan masofa;

e_s – siqilgan armatura kesim yuzasining og‘irlik markazidan bo‘ylama kuchgacha N_n bo‘lgan masofa.

Hisoblar orqali aniqlanuvchi yoriqlar ochilish kengligi QMQ 2.06.02-98 dagi 10-jadvalda keltirilgan qiymatlardan katta bo‘lmasligi lozim.

Eslatma (8.68) formuladagi «+» ishora markazlashmagan tarzdagi cho‘zilishda «-» ishora markazlashmagan tarzdagi siqilishda qabul qilinadi.

IX bob. KAMERA QAZILMASINING HISOBI

Kamera qoplamalarini loyihalashda hisoblar yordamida uni konstruksiyasini kuchlanganlik holatini aniqlash va inshoot atrofidagi tog' massivi turg'unligini baholash kerak bo'ladi. Tunnel va shaxtadan farqli o'laroq, kamera qazilmasi hisobi qator xususiyatlarga ega. Har uchta tekislikda inshoot o'lchamlarini taqqoslash mumkinligi, kirish va boshqa qazilmalar bilan tutashganligi hajmiy masala sharoitida hisoblarni yetarli darajada aniqlikda bajarishni talab qiladi. Ushbu masala tektonik kuchlanish ta'sirida bo'lgan ko'p jinsli yoriqli qoya jinslar massivida yanada murakkablashadi.

Loyihalashning dastlabki bosqichida kamera qazilmasi alohida elementlari hisobi soddalashtirilgan sxema asosida bajarilishi mumkin. Kamera qazilmasi gumbazi konstruksiyasi hisobi qurilish mexanikasi usulida analitik yoki naturada kuzatish ma'lumotlari asosida aniqlanadigan tog' bosimidan hosil bo'ladigan yukka hisoblanadi.

9.1. Elastiklik nazariyasining aniq yechimini qo'llash

Qazilma katta uzunlikda bo'lganda, ya'ni tekislikdagi masalani yechish yetarli darajada kamera yon tomonidan uzoqdagi kesimni ishlash sharoitiga mos keladi.

Tog' massivini kuchlanganlik holatini va deformatsiyasini baholashni elastiklik nazariyasi usulida bajariladi.

Elastiklik nazariyasi usulini qo'llaganda tog' massivi bir jinsli, izotrop va chiziqli elastik qaraladi. Ushbu hisoblash usuli teshiklar bilan kuchsizlangan tekislik uchun elastiklik nazariyasining aniq yechimidan foydalanadi. Qator hollarda kuchlanishning tarqalishining taqribiy holatini bilish yetarli bo'ladi va qoplamasi qazilma konturini aks ettiruvchi egri chiziqli sifatida aylana tanlanadi (9.1,a-rasm). Kuchlanish bunda Kirsh formulasi orqali aniqlanishi mumkin, ushbu sharoit uchun $\sigma_{\varphi} = P_{\varphi}$ va $\sigma_{\varphi} = \lambda P_{\varphi}$ bo'lganda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\sigma_r = -P_r \left[\frac{1+\lambda}{2} \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) + \frac{1-\lambda}{2} \left(1 - 3\frac{a^4}{r^4} - 4\frac{a^2}{r^2} \right) \right] \cos 2\varphi$$

$$\sigma_{\varphi} = -P_s \left[\frac{1+\lambda}{2} \left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right) - \frac{1-\lambda}{2} \left(1 + 3\frac{a^4}{r^4}\right) \right] \cos 2\varphi$$

$$\tau_{r\varphi} = -P_s \frac{1-\lambda}{2} \left(1 - 3\frac{a^4}{r^4} + 2\frac{a^2}{r^2}\right) \sin 2\varphi.$$

Bunda, r va φ – hisobiy nuqtaning koordinatalari,
 a – qazilma konturini aks ettiruvchi aylana radiusi.

Dekart koordinatalaridagi kuchlanishga o'tish quyidagi formulalar orqali amalga oshiriladi:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{\varphi} + \sigma_r}{2} - \frac{\sigma_{\varphi} - \sigma_r}{2} \cos 2\varphi + \tau_{r\varphi} \sin 2\varphi$$

$$\sigma_y = \frac{\sigma_{\varphi} + \sigma_r}{2} - \frac{\sigma_{\varphi} - \sigma_r}{2} \cos 2\varphi - \tau_{r\varphi} \sin 2\varphi,$$

$$\tau_{xy} = -\frac{\sigma_{\varphi} - \sigma_r}{2} \sin 2\varphi + \tau_{r\varphi} \cos 2\varphi$$

Qutb koorditalaridagi ko'chish:

$$u_r = \frac{P_s}{2E} (1+\nu) r \left[(1+\lambda) \frac{a^2}{r^2} - (1-\lambda) \left[(x+1) \frac{a^2}{r^2} - \frac{a^4}{r^4} \right] \right] \cos 2\varphi$$

$$u_{\varphi} = \frac{P_s}{2E} (1+\nu) r (1-\lambda) \left[(x-1) \frac{a^2}{r^2} + \frac{a^4}{r^4} \right] \sin 2\varphi$$

Bunda $\chi = 3 - 4\nu$ tekis deformatsiya holatida ($\varepsilon_z = 0$); $\chi = (3 - \nu)/(1 + \nu)$ tekislikdagi kuchlanganlik holatida ($\sigma_z = 0$); E, ν – mos ravishda elastiklik koeffitsiyenti va Puasson koeffitsiyenti; u_r, u_{φ} – radial va urinma ko'chish.

Ushbu formulalardan foydalanishga misol qilib kesimi 26,7 x 30m bo'lgan GES yer osti mashina zali qazilmasining hisobini keltirish mumkin. Qazilma uzunligi 70.4- m da dastlabki hisoblarni tekislikdagi masala sharoitida bajarish mumkin deb hisoblangan qazilma konturi radiusi $a = 15$ m bo'lgan aylanani aks ettiradi. $E = 20000 \text{ MPa}$, $\nu = 0,25$, $P_s = 5 \text{ MPa}$ va $\lambda = 0,3$ bo'lganda ko'chishning hisobiy miqdori 9.1,b-rasmda keltirilgan (chap tomonda – tekislikdagi kuchlanganlik holatida, o'ng tomonda - tekislikdagi deformatsiya sharoitida) chegaraviy kuchlanish miqdori P_s ulushida ushbu hisobiy holat uchun 9.1,g- rasmda chapda ko'rsatilgan.

Aks etuvchi egri chiziqli sifatida ellipsdan foydalanish natijalar sifatini oshiradi. Ushbu holat uchun hisoblash formulalari juda murakkab, lekin hisoblash texnikalari yordamida oson bajarilishi

mumkin. Egri chiziqni aks ettiruvchi tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\left(\frac{x}{ch\alpha_0}\right)^2 + \left(\frac{y}{sh\alpha_0}\right)^2 = 1. \quad (9.4)$$

Ellipsning katta va kichik o'qi mos ravishda quyidagicha aniqlanadi.

$$y_{x=0} = \theta = ch\alpha_0 \quad \text{va} \quad x_{y=0} = \alpha = sh\alpha_0 \quad (9.5)$$

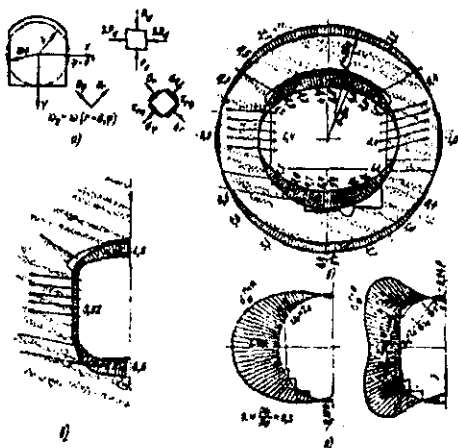
Kuchlanish α, β elliptik koordinatalarida

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{P_z}{8} \left\{ \left[\frac{\sin^2 2\beta}{h^4} - \frac{4\cos 2\beta}{h^2} \right] \left[-ch2\alpha + He^{-2\alpha} + C(1 + e^{-2\alpha}) \right] + \frac{sh2\alpha}{2h^4} [2A + 2sh2\alpha - 2Ce^{-2\alpha} + \cos 2\beta (-2sh2\alpha - 2Be^{-2\alpha} - 2Ce^{-2\alpha})] \right\} \\ \sigma_y &= \frac{P_z}{8} \left\{ \frac{sh2\alpha}{h^4} [-A - sh2\alpha(1 - \cos 2\beta) + Ce^{-2\alpha}(1 + \cos 2\beta) + 2Be^{-2\alpha} \cos 2\beta] + \frac{h^2}{4} [sh2\alpha(1 - \cos 2\beta) + Ce^{-2\alpha}(1 + \cos 2\beta) + 2Be^{-2\alpha} \cos 2\beta] - \frac{\sin^2 2\beta}{h^4} [-ch2\alpha + 2Be^{-2\alpha} +] \right. \\ &\quad \left. - \frac{\sin^2 2\beta}{h^4} [1 - ch2\alpha + 2Be^{-2\alpha} + C(1 - e^{-2\alpha})] \right\} \\ \tau &= \frac{P_z}{8} \left\{ \frac{\sin 2\beta}{h^4} [sh2\alpha(-1 + ch2\alpha - C(1 + e^{-2\alpha}) + 2Be^{-2\alpha}) + A + sh2\alpha(1 - \cos 2\beta) - Ce^{-2\alpha}(1 + \cos 2\beta) - 2Be^{-2\alpha} \cos 2\beta] - \frac{2\sin 2\beta}{h^2} [2sh2\alpha + 2(C + 2B)e^{-2\alpha}] \right\} \quad (9.6) \end{aligned}$$

bunda

$$\begin{aligned} A &= 1 - \frac{e^{2\alpha_0}}{2} - \frac{e^{2\alpha_0}}{2} \\ B &= \frac{3}{4} - \frac{e^{2\alpha_0}}{4} - \frac{e^{4\alpha_0}}{4} \\ C &= e^{2\alpha_0} - 1; h^2 = sh^2 \alpha + \sin^2 \beta \end{aligned}$$

Yon tomondan qarshi zarba ko'effitsiyenti o'zgarmas (doimiy) qabul qilingan $\lambda = 0,3$.



9.1-rasm. Kamera qazilmasining elastiklik nazariyasi usulida hisoblash: *a*-asosiy belgilar; *b*- qoya massiv qazilmasi konturi $\omega_0 = z_0$ aylana deb aks ettirilganda siljish epyurasi; *v*- bu ham $\omega_0 = z_0 - 1/(15z_0) - 1/15z_0$ ellips deb aks ettirilganda; *g*-qazilma konturida tangensial kuchlanishlar epyurasi.

Yuqoridagi misolga (9.6) formulalarni qo'llab qazilma konturi $\omega_0 = z_0 - 1/(15z_0) \sim 1/15z_0^3$ tenglamali ellips shaklida deb aks ettirilganda olingan natijalar ko'chish bo'yicha 9.1, v -rasmda va kuchlanish bo'yicha 9.1,2-rasmda o'ng tomonda keltirilgan.

Murakkab kuchlanganlik holatida bo'lgan ko'p jinsli yoriqli massivlarda hamda kerakli hollarda qazilmani qazichni va uning qoplamasini o'rnatish bosqichma-bosqich olib borilishini hisobga olish kerak bo'lgan hollarda elastiklik nazariyasining aniq yechimlarini qo'llab bo'lmaydi.

Asoslangan konstruktiv va texnologik yechimni ishlab chiqish uchun qurilish mexanikasi va elastiklik nazariyasi klassik usullari bilan tahlil qilib bo'lmaydigan qator omillarni hisob olish imkoniyatini beruvchi hisoblash usullaridan foydalanish kerak. Bunday usullarga sonli usullar guruhi kiradi, ulardan shunga o'xshash masalalarni yechishda eng keng tarqalgani chekli element usuli hisoblanadi.

9.2. Sonli usullardan foydalanish

Chekli elementlar usuli kamera qazilmasini hisoblashda keng qo'llanilmoqda va hozirgi vaqtda deyarli barcha yirik yer osti inshootlarini loyihalashda asosiy hisoblanadi. Inshootni uch o'lchovli masala hisobi uchun prinsipial cheklov yo'q, lekin ko'p hollarda ikki o'lchovli (tekislikdagi masala) yechim yetarli samarali hisoblanadi. Mazkur hisoblar bilan maxsus adabiyotlarda tanishish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Моцков В.М. и др. Подземные гидротехнические сооружения. М.: Высшая школа, 1986.
2. Рассказов Л.Н. и др. Гидротехнические сооружения, в 2 частях М.: Изд. АСВ, 2008.
3. Мажидов И.У., Илюшин В.Ф. Строительный туннель Методические указания. ТАСИ, 1993.
4. QMQ 2.06.02-98 Hidrotexnika tunnellari. O'zdarxitektura va qurilish qo'mitasi, 1998.
5. QMQ 2.06.08-97 Hidrotexnika inshootlarini beton va temir-beton konstruksiyalari, O'zdarxitektura va qurilish qo'mitasi, 1997.
6. Руководство по проектированию гидротехнических туннелей. М.: Стройиздат, 1982.
7. Зурабов Г.Г., Бугаева О.Е. Гидротехнические туннели гидроэлектростанций. М-Л.: Транспорт, 1970.

MUNDARIJA

Soʻz boshi.....	3
I BOB. YER OSTI INSHOOTLARINING SUV INSHOOTLARI BOʻGʻINIDA JOYLASHISHI	
1.1. Yer osti gidrotexnika inshootlarining tasnifi.....	5
1.2. Yer osti inshootlarining vazifasi.....	7
1.3. GES va GAES larni asosiy sxemalari.....	16
1.4. Inshootlar sinfi.....	21
II BOB. YER OSTI INSHOOTLARINING SHAKLI, KOʻNDALANG KESIMI OʻLCHAMLARI VA TRASSASI	
2.1. Gidrotexnika tunnellari koʻndalang kesimi shakllari.....	23
2.2. GES va GAES yer osti mashina zali shakli va oʻlchamlari...	25
2.3. Gidrotexnika tunneli trassasi. GES va GAES yer osti zallari joylashishi oʻrnini tanlash.....	34
III BOB. YER OSTI GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI KONSTRUKSIYASI TOʻGʻRISIDA UMUMIY MAʼLUMOTLAR	
3.1. Konstruktiv elementlari.....	38
3.2. Qoplamasiz tunnellar.....	46
3.3. Tunnel qoplamalarini loyihalashning asosiy holatlari.....	49
3.4. Yer osti inshootlarini namdan himoya qilish.....	51
3.5. Yer osti inshootlari drenaji.....	55
IV BOB. TUNNELLAR VA SHAXTALAR QOPLAMALARI	
4.1. Purkama-beton qoplama.....	63
4.2. Quyma beton qoplama	69
4.3. Yaxlit temir-beton qoplamalari.....	71
4.4. Yigʻma qoplama.....	77
4.5. Kombinatsiyali qoplama.....	81
4.6. Qoplama tipini tanlash.....	84
V BOB. KAMERA QAZILMASI QOPLAMALARI	
5.1. Umumiy maʼlumotlar.....	87
5.2. Temir-beton va oddiy anker qoplamalar.....	88

5.3. Purkama-beton va oldindan kuchaytirilgan ankerli qoplama turini tanlash.....	93
---	----

VI BOB. DERIVATSIYA TUNNELINING GIDRAVLIK HISOBI

6.1. Bosimli tunnellar.....	98
6.2. Bosimsiz tunnellar.....	101

VII BOB. ENERGETIKA SUV O'TKAZISH QUVURI HISOBIY PARAMETRLARINI TEXNIK- IQTISODIY ASOSLASH

7.1. Hisoblash uchun boshlang'ich holat.....	106
7.2. Yumaloq kesimli energetika suv tashlamasida hisobiy tezlikni aniqlash.....	108
7.3. Suv tashlamada suv uzatishning notekislik darajasini aniqlash.....	116
7.4. Energetika suv tashimasida suvning hisobiy tezligidan mumkin bo'lgan chekinishlar (o'zgarishlar).....	118
7.5. Bosimsiz tunnel kesimini aniqlash.....	119

VIII BOB YER OSTI INSHOOTLARINING ISHLASH SHAROITI

8.1. Tog' massivini sxemalash	122
8.2. Yer osti inshootlari konstruksiyalari bilan grunt massivining o'zaro ta'siri.....	134
8.3. Yuklamalar, ta'sir kuchlari va ularning birikmalari.....	136
8.4. Hidrotexnika tunneli qoplamalarining chegaraviy holati bo'yicha hisoblash asoslari.....	143
8.5. Tunnellar qoplamalarining birinchi guruh chegaraviy holatlari bo'yicha hisoblash (QMQ 2.06.02-98 bo'yicha).....	144
8.6. Ikkinchi guruh chegaraviy holatlar bo'yicha tunnellar qoplamalari hisobi(QMQ 2.06.02-98 bo'yicha).....	151

IX BOB. KAMERA QAZILMASINING HISOBI

9.1. Elastiklik nazariyasining aniq yechimini qo'llash.....	157
9.2. Sonli usullardan foydalanish.....	160
Foydalanilgan adabiyotlar.....	161

I. MAJIDOV, X.FAYZIYEV, S.SAYFIDDINOV

YER OSTI GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI

Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2012

Muharrir:	M.Hayitova
Tex. muharrir:	M.Holmuhamedov
Musahhih:	F.Ismoilova
Musavvir:	H.G'ulomov
Kompyuter sahifalovchi:	N.Hasanova

**Nashr.lits. AIN№149, 14.08.09. Bosishga ruxsat etildi 16.07.2012.
Bichimi 60x84 $\frac{1}{16}$. «Timez Uz» garniturası. Ofset bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 10,75. Nashriyot bosma tabog'i 10,25.
Tiraji 500. Buyurtma №71.**

**«Fan va texnologiyalar Markazining
bosmaxonasi» da chop etildi.
100066, Toshkent sh., Olmazor ko'chasi, 171-yu.**