

**Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**

**Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
СВОДЫ ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ТУННЕЛЬДЕР

ТОННЕЛИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ

**ҚР ЕЖ 3.04-106-2014
СП РК 3.04-106-2014**

**Ресми басылым
Издание официальное**

**Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын
үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитеті**

**Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и
управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики
Республики Казахстан**

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

- 1 ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «АЗДИ» ЖШС
- 2 ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 БЕКІТІЛГЕН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА», ТОО «АЗДИ»
- 2 ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики развития Республики Казахстан от «29» декабря 2014 года № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатысыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	IV
ТОННЕЛИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ	1
1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ	1
2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	1
3 ТЕРМИНДЕР, АНЫҚТАМАЛАР ЖӘНЕ БЕЛГІЛЕУЛЕР	2
4 ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР	5
5 ТРАССА ЖӘНЕ ТУННЕЛЬДІҢ КӨЛДЕНЕҢ ҚИМАСЫ	8
6 ТУННЕЛЬДЕР КОНСТРУКЦИЯСЫНА АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАР	11
7 ТУННЕЛЬДЕР КОНСТРУКЦИЯСЫ	12
7.1 Жалпы конструкциялық талаптар	12
7.2 Қаптамасыз туннельдер	14
7.3 Туннельдерді қаптау	15
8 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ТУННЕЛЬДЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖАБДЫҒЫ	19
8.1 Жалпы конструкциялық талаптар	19
8.2 Бекітпелер	20
8.3 Туннельдердің бекітпелі камералары	20
9 ДРЕНАЖ ЖӘНЕ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ТУННЕЛЬДЕРДІ ЦЕМЕНТТЕУ	21
9.1 Жалпы конструкциялық талаптар	21
9.2 Дренаж	22
9.3 Гидротехникалық туннельдерде цементтеу	27
10 ЖҮКТЕМЕЛЕР, ӘСЕРЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҮЙЛЕСУІ	28
11 ҚАПТАМАНЫ ЕСЕПТЕУ БОЙЫНША НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕР	33
12 ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ БОЙЫНША ТАЛАПТАР	38
13 ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫ ЕСКЕРТУ БОЙЫНША ТАЛАПТАР	40
А қосымшасы (міндетті) Алдын ала есептеу кезіндегі бірінші топтың шектеулі жағдайы бойынша туннельдер қаптамасын есептеу	42
Б қосымшасы (міндетті) Алдын ала есептеу кезіндегі екінші топтың шектеулі жағдайы бойынша туннельдер қаптамасын есептеу	50
В қосымшасы (міндетті) Қысымды туннельден шыққан судың сүзілуі шығынын есептеу	54

КІРІСПЕ

Осы ережелер жинағы Қазақстан Республикасының «Ғимараттар мен құрылыстардың, құрылыс материалдары мен бұйымдарының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар», «Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар», «Темір-бетон, бетон конструкцияларының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар», құрылыс нормалары мен Қазақстан Республикасының қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттары негізінде әзірленді.

Ережелер жинағында барлық дәрежедегі жаңа гидротехникалық тоннелдерді жобалау және олардың құрылысы салу және қолданыстағы гидротехникалық тоннелдерді қайта құру кезінде ҚР ЕЖ 3.04-06-2014 «Гидротехникалық тоннелдер» құрылыс нормалары талаптарының орындалуын қамтамасыз ететін қолайлы құрылыстық шешімдер мен параметрлер келтірілген.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ТУННЕЛЬДЕР

ТОННЕЛИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ

Енгізілген күні - 2015-07-01

1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ

1.1 Осы Ережелер жинағы гидроэлектростанциялар, мелиорация жүйесі және сумен жабдықтау жүйесінің құрамына кіретін барлық кластардың жаңа гидротехникалық туннельдерді жобалауға және олардың құрылысын салуға, сондай-ақ қолданыстағы гидротехникалық туннельдерді қайта құруға таралады.

1.2 Ерекше жағдайларда (сейсмикалық аудандарда, күрделі инженерлік-геологиялық жағдайларда және т.б.) орналасқан гидротехникалық туннельдерді жобалағанда мұндай туннельдерге тиісті нормативтік құжаттар қоятын қосымша талаптарды сақтау қажет.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы ережелер жинағын қолдану үшін келесі сілтеме құжаттар қажет:

ҚР ҚН 3.04-01-2013 Гидротехникалық имараттар.

ҚР ҚН 3.04-06-2014 Гидротехникалық туннельдер.

ҚР ҚНЖЕ 2.03-30-2006 (2008 басыл.) Сейсмикалық аудандардағы құрылыс.

ҚР ҚНЖЕ 3.04-04-2006 2013 Гидротехникалық құрылыстардың негіздемелері.

ҚР ҚНЖЕ 3.04-40-2006 Гидротехникалық құрылыстарға жүктемелер мен әсерлер.

ҚР ҚНЖЕ 5.03-34-2005 Бетон және темірбетон конструкциялар. Негізгі ережелер.

ҚР ҚНЖЕ 5.04-23-2002 Болат конструкциялар. Жобалау нормалары.

ҚНЖЕ II-7-81* (5 тарау) Сейсмикалық аудандардағы құрылыс.

ҚНЖЕ 2.01.07-85* Жүктемелер мен әсерлер.

ҚНЖЕ 2.03.01-84* Бетон және темірбетон конструкциялар.

ҚНЖЕ 2.06.08-87 Гидротехникалық құрылыстардың бетон және темірбетон конструкциялары.

ҚР ЕЖ 2.03-102-2012 Су басқан және судың деңгейі көтерілген аймақтардағы инженерлік қорғау.

ҚР ЕЖ 2.03-106-2013 Жерастылық тау қазбалары.

ҚР ЕЖ 2.03-107-2013 Сейсмикалық аудандардағы жерастылық имараттар.

ҚР ЕЖ 3.04-101-2013 Гидротехникалық имараттар.

МЕМСТ 26633-91 Ауыр және майда түйіршікті бетондар. Техникалық шарттар.

МЕМСТ 21153.1-75 Тау жыныстары. Протодеяконов бойынша бекемдік коэффициентін анықтау әдісі.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

МСТ 14637-89 Кәдімгі сапалы көміртекті болаттан жасалған қалың жалпақ илек. Техникалық шарттар.

МСТ 380-2005 Кәдімгі сапалы көміртекті болат. Маркалар.

МСТ 19282-73 Төмен қоспалы қалың қаңылтыр және жалпақ жолақты әмбебап болат.

Ескертпе – Осы мемлекеттік нормативті пайдаланғанда ақпараттық «Қазақстан Республикасы аумағында әрекет ететін Сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы нормативтік-құқықтық және нормативтік-техникалық актілер тізбесі», «Қазақстан Республикасындағы стандарттау бойынша нормативтік құжаттар көрсеткісі» және ағымдағы жыл жағдайы бойынша жыл сайын жасалатын «Мемлекетаралық нормативтік құжаттар көрсеткісі» бойынша сілтеме құжаттардың жарамдылығын тексеру қажет. Егер сілтеме құжат ауыстырылған (өзгертілген) болса, онда осы нормативтерді пайдаланғанда ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу қажет. Егер сілтеме құжат ауыстырылмастан жойылған болса, онда сілтеме берілген ереже осы сілтемеге қатысы жоқ бөлімде қолданылады.

3 ТЕРМИНДЕР, АНЫҚТАМАЛАР ЖӘНЕ БЕЛГІЛЕУЛЕР

Осы нормативтік құжатта келесі терминдер, анықтамалар және белгілеулер қолданылады:

3.1 Сұйықтықтың қысымсыз қозғалысы: Сұйықтықтың туннель ұзындығы бойынша ағыстың беті бос қозғалысы.

3.2 Уақытша бекіткіш: Қазбаның беркітігін қамтамасыз ететін және қаптама көтергенге дейінгі үңгу және құрау (монтаж) жұмыстарын қамтамасыз ету қызметін атқаратын конструкция.

3.3 Кіретін бастау: Суқашыртқының, атап айтқанда тұйық қималы суқашыртқының кіретін учаскесі, оның бойымен суқашыртқының транзиттік бөлімінің кеңейген кіріс қимасынан бастапқы қимасына бірітіндеп ауысу жүзеге асады.

3.4 Су жинағыш имарат: Су алуға арналған гидротехникалық имарат.

3.5 Гидравликалық соққы: арынды су тартқыштағы сұйықтық қозғалысының жылдамдығын күрт өзгерту арқылы туындайтын су арынын төмендету немесе жоғарылату.

3.6 Гидротехникалық туннель: Жоғарада жатқан сілемдерді ашпастан тау жыныстарына салынған тұйық көлденең қималы су тартқыш.

3.7 Тау қысымы: қазба (туннель) маңындағы сілемде пайда болатын күштер.

3.8 Тау жыныстары: Геологиялық денелер және олардың Жер литосферасын құрайтын құрамдас бөлшектері (блоктар, сынықтар).

3.9 Жыныстардың бекемдік коэффициенті: Жыныстардың бұзылуға салыстырмалы кедергісін жуықтап сипаттайтын тау жыныстарының бекемдігін санмен бағалайтын өлшем.

3.10 Туннель науасы: Темірбетоннан, бетоннан немесе бетон шашырамасынан төселген туннель қазбасының түбі немесе табандық плитасы.

3.11 Сұйықтықтың арынды қозғалысы: Туннельдегі сұйықтық ағысының еркін беті болмайтын қозғалыс.

3.12 Қаптама: Тау қазбасының өне бойымен орындалған, жобалық көлденең қиманы анықтайтын, және сыртқы мен ішкі жүктемелерді қабылдауға, қапталатын беттің кедір-бұдырын төмендетуге және сүзілу арқылы жоғалуды қасқартуға арналған конструкция.

3.13 Тегістегіш қаптама: Туннельдің гидравликалық сипаттамасын жақсартатын, сонымен қатар, жыныстардың құлап түсуін, олардың мүжілуін және шайылуын болдырмайтын қаптама.

3.14 Салмақ түсетін қаптама: Құрылысты салу және пайдалану кезінде жүктеменің қабылдануын қамтамасыз ететін және тегістегіш қаптамаға қойылатын талаптарды қанағаттандыратын қаптама.

3.15 Беткі қаптауыш (облицовка): қаптаманың немесе тау-кен қазбасының бетін кавитация және ағыспен тасымалданатын денелердің (ағындылар, мұздар және т.б.) әсерінен пәрменді тозудан сақтайтын, сонымен қатар, қаптамаға, полимербетонға, фибробетонға, фиброполимербетонға және т.б. қарағанда беріктігі жоғары материалдан: жоғары маркалы бетоннан жасалған сүзілуді біршама азайтатын жамылғы.

3.16 Жерасты сулары: Барлық физикалық күйдегі жер қыртысының қойнауындағы сулар.

3.17 Цементтеу: Цемент езінділерінің көмегімен тау жыныстарының бос саңылауларын толтырып, қорғаныс қабатын жасау.

Негізгі әріптік белгілер

Топырақтың (грунт) негізгі сипаттамалары

f – бекемдік коэффициенті;

K – тойтарыс коэффициенті;

K_0 – үлестік тойтарыс коэффициенті;

E_q – деформация модулі;

ν – Пуассон коэффициенті;

φ – ішкі үйкелістің болжаулы бұрышы;

c – топырақтың ілінісуі;

ρ – топырақтың тығыздығы;

M_q – жарылу модулі;

g_{qzn} – нормативті тік тау қысымы;

g_{qxn} – нормативті көлденең тау қысымы;

h_q – опырылу күмбезінің биіктігі;

b_q – опырылу күмбезінің аралығы;

h_{q1} – бұзылған аймақ тереңдігі;

h_{qz} – туннель үстіндегі топырақтың қалыңдығы.

Жүктемелер мен әсерлер, олардан түсетін күштер

M_n, N_n – нормативтік иілу (моменті) сәті және қалыпты күш;

H_i – судың ішкі арыны;

H_e – жерасты суларының арыны;

H_{e1} – жер асты суларының кепілді арыны;

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

p_{we} – сыртқы арын;

p_{cr} – сындық сыртқы арын;

p_{wi} – судың есептік ішкі арыны;

p_{win} – судың нормативтік ішкі арыны.

Материалдардың сипаттамасы

E_k – қаптаманың серпімділік модулі;

E_b – бетонның серпімділік модулі;

E_s – арматураның серпімділік модулі;

R_{st} – арматураның созылуға есептік кедергісі;

R_{yn} – болаттың сырғу шегі бойынша нормативтік кедергісі;

R_u, R_y – болат қабықтың керілуге, сығылуға және иілуге есептелген кедергісі, сәйкесінше уақыттық кедергі және сырғу шегі бойынша;

R_{btm} – бетонның созылуға нормативтік кедергісі;

R_{bt} – бетон шашырамасының біліктік созылуға есептік кедергісі;

R_{as} – анкер өзегінің созылуға есептік кедергісі.

Геометриялық сипаттамалары

h – қазбаның биіктігі;

b – қазбаның аралығы (ені);

h_k – қаптаманың қалыңдығы;

t_b – шашырама-бетон жамылғының қалдығы;

r_i – қаптаманың ішкі радиусы;

r_e – қаптаманың сыртқы радиусы;

r_m – қабықтың орташа радиусы;

r_r – орталық білік радиусы;

t – болат қабықтың қалыңдығы;

A_s – арматура қимасының ауданы;

h_0 – қиманың жұмысшы биіктігі;

a_c – сығылған арматурадағы тең әрекетті күштен қиманың ең жақын қырына дейінгі қашықтық;

e_b, e_c – қима ауданының ауырлық орталығынан сәйкесінше созылған және сығылған арматурадан бойлық күшке дейінгі қашықтық;

μ – қиманы арматуралау коэффициенті;

d – анкер диаметрі;

A_{ss} – болат қабықтың қимасының ауданы;

J_r – жалғанған белдікті сақинаның көлденең қимасының инерция сәті.

Коэффициенттер

γ_f – жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті;

γ_n – құрылыстың арналымы бойынша сенімділік коэффициенті;

γ_c – жүктемелердің үйлесу коэффициенті;

γ_c – жұмыс жағдайы коэффициенті.

4 ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР

4.1 Осы ережелер жинағының талаптары адамдардың денсаулығы мен өміріне, қоршаған ортаға қолайсыз қатерлер туындатуға жол бермей ҚР «Ғимараттар мен құрылыстардың, құрылыс материалдары мен бұйымдарының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламентінің және гидротехникалық туннельдер қауіпсіздігін қамтамасыз ету және гидротехникалық туннельдер құрылысын салудың (қайта құру) және пайдаланудың жайлы жағдайларын жасау бойынша ҚР ҚН 3.04-01, ҚР ҚНжЕ 3.04-04, ҚР ҚНжЕ 3.04-40, ҚР ЕЖ 3.04-101 нормативтік құжаттарының талаптарына сәйкес жаңа гидротехникалық туннельдерді жобалауға және олардың құрылысын салуға, сонымен бірге қолданыстағыларды қайта құруға бағытталған.

4.2 Гидроэлектростанциялар мен мелиоративтік жүйелер құрамына кіретін гидротехникалық туннельдер класы ҚР ҚН 3.04-01 сәйкес орнатылуы тиіс. Сумен жабдықтау жүйесіне арналған гидротехникалық туннельдер класы ҚР ҚНжЕ 4.01-02. бойынша орнатылған су жіберу сенімділігі санатына сәйкесуі тиіс.

4.3 Бір мезгілде су шаруашылық кешенінің бірнеше қатысушысын қамтамасыз ететін кешенді гидротүйін (энергетика, өзен көлігі, мелиорация, сумен жабдықтау) құрамына кіретін гидротехникалық туннельдер класының ең жоғары класқа сәйкесетін көрсеткішке ие нысандар ретінде орнату қажет.

4.4 Арналымына байланысты гидротехникалық туннельдер келесідей болып бөлінеді:

- негізгі, гидроэлектростанциялар, мелиорациялық жүйелер және сумен жабдықтау жүйесін пайдаланғанда суды тұрақты жіберіп тұруға арналады, пайдаланылатын суқашыртқыш туннельдер, бекіткішке дейін екінші класты туннельдердің бас учаскелері;

- екінші дәрежелі, негізгі құрылыстарға жататын бекіткіштерге дейінгі туннельдердің бас учаскелерінен өзге суды кезең сайын жіберіп тұруға арналған (су қоймалары мен су өткізгіштерді босату және жуу үшін, резервтік суқашыртқы туннельдері);

- уақытша, гидротехникалық құрылыстарды салу және оларды жөндеу кезінде су жіберуге арналған.

Құрылыс туннелін екінші дәрежелі құрылыстарға жатқызуға жол беріледі, егер пайдалану мерзіміне қарамастан оны бұзу апаттық сипаттағы зардаптар тудыруы немесе негізгі құрылыстың жүруіне айтарлықтай кідіріс жасатуы мүмкін болса.

Пайдалану мерзімі 5 жылдан асатын құрылыс туннельдерінің ірі гидротүйіндерін жобалағанда оларды екінші дәрежелі құрылыстарға жатқызуға жол беріледі.

Негізгі және екінші дәрежелі арналымдағы туннельдерді жобалағанда оларды су-тіректі құрылыстарды салған кезде су жіберу үшін пайдалану мүмкіндігі қарастырылуы тиіс.

4.5 Гидравликалық режиміне байланысты гидротехникалық туннельдер келесідей болып бөлінеді:

- арынды, атмосфералық қысыммен салыстырғанда ішкі су қысымы артық жағдайда жұмыс істейтін туннельдер;

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

- ішінара арынды ағыс режиміндегі туннельдер (біршама төмен арындарда жол беріледі – ГЭС-тердің су бұрғыш трактілері, реттелмейтін туннельдер);

- арынсыз, су толық толмағанда жұмыс істейтін туннельдер.

Гидротехникалық туннельдерде арынсыз ағыс режимін арынды ағыс режиміне және керісінше ауыстыру үшін қолданылатын ағыстың ішінара арынды режиміне жол беріледі. Мұндай режимде ұзақ уақыт жұмыс істеу үшін негіз болуы тиіс.

4.6 Төменгі бьефтегі судың барлық деңгейіндегі су бұрғыш туннельдердегі гидравликалық режимді тек арынды немесе тек арынсыз қалыпта тұрақты етіп сақтауға кеңес беріледі. Су бұрғыш туннельдерде арындыдан арынсыз режимге және керісінше көшу режимін тиісті негіздеме болған жағдайда қысқа мерзімге ғана пайдаланған жөн.

4.7 Гидротехникалық туннельдерді жобалағанда келесілерді ескеру қажет:

- тұрақты және уақытша пайдалану шарттарын;
- негізгі құрылыс материалдарын үнемді жұмсау бойынша техникалық талаптарды;
- жұмыс өндірісінің шарттары мен тәсілдерін;
- табиғатты қорғау және ландшафты сақтап қалу бойынша талаптарды.

4.8 Шекаралық жағдай өзгерісінің кең диапазонында (бьефтер деңгейі мен шығындау) жұмыс істейтін суқашыртқыш туннельдердің су бұрғыш бөлімдерінде ағыстың арынсыз, ал негізгі бекіткішке дейін кіріс бөлігінде – арынды режимін қарастырған дұрыс. Жұмыстың тұрақты арынсыз режимін қамтамасыз ету үшін арынсыз қозғалыс учаскесінің басында ауа жіберуге арналған құрылғыны қарастыру қажет. Ауа өткізгіштердің өлшемін арнайы есептеулер арқылы немесе модельді зерттеулермен негіздеу, немесе ұқсас жағдайлар негізіндегі өлшемдері қабылдау қажет.

4.9 Жобалағанда гидротүйіндердің құнын төмендету мақсатында бірнеше технологиялық функцияларды орындау үшін гидротехникалық туннельдер трактін түгел немесе бір бөлігін пайдалану нұсқаларын қарастыру қажет: құрылыс және пайдалану кезеңдеріндегі шығындалатын суды өткізудің, су бұрудың әр түрлі тұрпаттарын орындау, гидроагрегаттар шығыстарын әкелу немесе әкету; артық кинетикалық энергияны жою.

4.10 Жаңа гидротехникалық туннельдерді жобалағандағы және қолданыстағыларды қайта құрғандағы негізгі техникалық шешімдерді (жұмыстың гидравликалық режимі, орнату тереңдігі, жоспарда және бойлық пішінде орналасуы, көлденең қимасы, қаптама тұрпаты және т.б.) нұсқалардың техникалық-экономикалық көрсеткіштерін гидротүйін құрылысын, мелиоративтік жүйені немесе сумен жабдықтау жүйесін жалпы жинақтауды, оларды пайдалану жағдайын, туннельдің арналасын, құрылыс жұмыстарын жүргізудің көзделген тәсілдерін және мерзімдерін, құрылыс жүретін ауданның топографиялық, инженерлік-геологиялық, гидрогеологиялық, климаттық және басқа жағдайларын ескере отырып, салыстыру негізінде қабылдаған дұрыс.

Жобалық шешімнің таңдалған нұсқасы құрылыстың сенімділігін (беріктігін, орнықтылығын, ұзақ мерзімге жарамдылығын) және үнемділігін, механикаландыру және құрылыс пен жөндеу жұмыстарын индустрияландыру мүмкіндігін, туннельдердің оңтайлы пайдалану сапасын қамтамасыз етуі тиіс.

4.11 Гидрогеология бойынша деректерде келесі мәліметтер көрсетілуі тиіс:

- туннель арқылы өтетін судың есептік шығысы, және оларға сәйкесетін жоғарғы және төменгі бьефтің деңгейлері;

- туннель құрылысы ауданындағы өзендегі (су қоймасындағы) судың тербеліс деңгейі мен жылдамдық режимі;

- өзен суының химиялық құрамы, оның агрессивтігі мен температурасы;
- өзен тасымалдайтын ағындылардың мөлшері мен механикалық сипаттамалары.

4.12 Гидротехникалық туннельдерді жобалағанда оның бүкіл трассасы бойымен инженерлік-геологиялық зерттеулер жүргізу қажет.

4.13 Зерттеулер мен жобалау кезінде тау жыныстарының табиғи күйдегі түскен күшті көтеру және суға төзімділік қасиеттерін барынша пайдалануға тырысу қажет. Жекелеген жағдайларда туннель конструкциясын мүмкіндігінше дұрыс және үнемді таңдау мақсатында жыныстардың қасиеттерін жақсартуға (цементтеу және т.б.) болады.

4.14 Гидротехникалық туннельдер құрылыс көтерілетін аудандардың геологиялық құрылысын зерттегенде жобалаудың барлық кезеңдері мен сатыларында келесілерге ерекше назар аудару қажет:

- тау жыныстарының петрографиялық құрамына литологический және текстуралық ерекшеліктеріне, олардың сақталуына;
- негізгі стратиграфиялық-литологиялық кешендердің және жекелеген жыныс түрлерінің таралуына, қалыңдығына және орналасу формаларына;
- қатпарлы және жарылған тектоникалық құрылымдардың, жыныстардың бұзылу (әлсіреу) аймақтарының, басымдыққа ие жарықшақтар жүйесінің болуына, сипатына және бағдарына;
- заманауи тектоникалық және сейсмикалық көріністерге.

4.15 Инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық зерттеулер кезінде келесілерге ерекше назар аудару қажет:

- туннель трассасы бойындағы және оның құрылысы ауданындағы тектоникалық бұзылыстарға;
- жерасты сулары бетінің және олардың қорек көздерінің қалпына;
- туннельдің топырақ (жартас) сілемдеріне кіретін және одан шығатын учаскелеріндегі ықтимал көшкін немесе құлау процестеріне және сел ағыстарына;
- жыныстың сүзгіштік беріктігіне;
- химиялық және механикалық суффозияның даму ықтималдығына;
- туннель трассасының бойымен карст аймағының болуына;
- агрессивті жерасты суларының жергілікті шығуына;
- дренаж құрылғысының химиялық кольматажының (себінді материалдың көмегімен жерді жасанды көтеру) ықтималдығына.

4.16 Сейсмикалық аудандарда гидротехникалық туннельдер жобалауды ҚР ҚНЖЕ 2.03-30, ҚР ЕЖ 2.03-107 талаптарына сәйкес қарау қажет.

4.17 Құрылыс алаңының сейсмикалылығын қолданыстағы сейсмикалық шағын аудандастыру немесе шағын аудандарға бөлу картасы бойынша немесе арнайы ұйымдар орындаған аумақты сейсмикалық шағын аудандастыру нәтижесі негізінде анықтау қажет.

4.18 Егер инженерлік-геологиялық зерттеулерді орындау үдерісінде алаңның сейсмикалылығына ықпалын тигізетін бұрын ескерілмеген факторлар анықталған болса, онда сейсмикалық шағын аудандастыру картасы бойынша қабылданған құрылыс алаңының сейсмикалылығын нақтыландыру қажет.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

4.19 Сейсмикалық шағын аудандастыру картасын нақтыландыруды картаны жасаған ұйым, немесе карта жасаған ұйымның келісімімен басқа зерттеу ұйымы жүргізе алады.

4.20 Гидротехникалық туннельдер құрылысы алаңының сейсмикалылығын есептеу мәні 7, 8 немесе 9 балл болғанда гидротехникалық туннельдерге сейсмикалық әсерді ескеру қажет.

Сейсмикалылығы 9 балдан артық алаңдарда гидротехникалық туннельдер салуға ерекше жағдайларда ғана, тек арнайы техникалық шарттар бойынша жол беріледі.

4.21 Сейсмикалық аудандарда орналасқан гидротехникалық туннельдердің мықтылығы мен орнықтылығын есептеуді сейсмикалық әсер қарқынының екі деңгейінде – жобалық және максимальды есептік деңгейде желілік-спектральдік теория аясында жүргізу қажет.

4.22 Сейсмикалылығы 7 балдан жоғары I және II дәрежелі арынды гидротехникалық туннельдердің сейсмөтөзімділігін тексеру негіздің үдеуін аспапты жазуды пайдалана отырып, динамикалық теория және синтезделген акселерограмма әдісімен жүзеге асырылады. Бұл ретте, деформация, кернеу және күш сейсмикалық әсердің барлық уақыттық интервалында анықталуы тиіс.

4.23 Барлық кластағы гидротехникалық туннельдер жер сілкінісінің жобалық әсерін адамдардың өмірі мен денсаулығына қатерсіз және қалыпты пайдалануды бұзбайтындай қабылдауы тиіс.

4.24 Нысанның жер сілкінісіне беріктігін қамтамасыз ету үшін жағалау еңістерінің және құрылыс ернеуінің жекелеген жартасты сілемдерінде, су қоймасы аймағында және төменгі бьефтегі потенциалды қауіпті учаскелердің тұрақтылығын тексеру қажет.

4.25 Гидротехникалық туннельдерді жобалағанда олардың негіздеріндегі келесі жайсыз физикалық-геологиялық, гидродинамикалық үдерістердің дамуына және белсенділікке көшуіне әкелуі мүмкін келесі табиғи жағдайлардың өзгерісін ескеру қажет:

- жақын жатқан сейсмикалық генерациялау сынықтары белсенділігінің артуын;
- аумақты су басуды және су астында қалуды, оны бағалауды ҚР ЕЖ 2.03-102 ережелерін басшылыққа ала отырып орындау қажет.

4.26 Топырақтың беріктік және деформациялану сипатының нормативтік және есептік мәні ҚР ҚНЖЕ 3.04-04 ережелеріне сәйкес анықталады.

4.27 Ілескен ағындыларды тасымалдайтын құрылыс шығындарын өткізетін туннельдерді жыл сайынғы тексеру жүргізу және су тасқынынан кейін жөндеу жасау мүмкіндігін ескере отырып, жобалау қажет. Ол үшін әртүрлі белгілердегі кіріс бастаулары бар екі туннельдің құрылысын қарастырған жөн.

4.28 I және II класты гидротехникалық туннельдерде құрылыс үдерісінде және оны пайдалану кезінде құрылыс жұмысына іс жүзінде қадағалау жүргізу үшін, туннель қаптамасының, оның маңындағы топырақтың (оның ішінде цементтелген) жай-күйін, жер асты суының қаптамаға, гидравликалық және сүзгілік режимге түсетін қысымын бағалау үшін бақылау-өлшеу аппаратурасын орнату қарастырылады.

5 ТРАССА ЖӘНЕ ТУННЕЛЬДІҢ КӨЛДЕНЕҢ ҚИМАСЫ

5.1 Гидротехникалық туннельді жобалағанда туннель құрылысын жүргізуге қолайсыз инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайда орналасқан

учаскелерден (қомақты тектоникалық бұзылыстар, газды учаскелер, жерасты суы келетін уаскелер, көшкіндер жүру, сел ағыстары, карсттер), сонымен қатар, жағымсыз санитарлық жағдайымен сипатталатын учаскелерден (мал өлексесін көметін жер, зират, қоқыс төгетін орын, сүзу даласы) мүмкіндігінше аулақ болу қажет.

5.2 Туннель трассасы әдетте түзу сызықты және аз ұзындықты болуы тиіс. Қисық сызықты трассаны гидротүйінді жинақтауға орай жағдайларда, туннель төсеудің жеткілікті тереңдігін қамтамасыз ету қажет болғанда, жергілікті жердің топографиялық жағдайына байланысты, сонымен бірге туннельдің 5.1. тармақта көрсетілген жайсыз жағдайларда орналасуынан аулақ болу қажет болғанда ғана қабылдауға жол беріледі.

5.3 Ағыс жылдамдығы 10 м/с дейін болғанда туннель трассасының бұрылу радиусын жарықтағы туннель енінің үш мәнінен (диаметр) кем болмайтын шамада, ал бұрылу бұрышын 60°-тан артық болмайтындай етіп қабылдау қажет. Ағыс жылдамдығы 10 м/с артық болғанда радиус пен бұрылыс бұрышының мәнін гидравликалық есептеулер негізінде немесе арынды ағыс пен бірқалыпты арынсыз ағыс жағдайында (ағыс үшін Фруд саны 1-ден кем) және I мен II класты құрылыстар үшін қатты арынсыз ағыс үшін жүргізілген экспериментальдық зерттеулер негізінде анықтайды (ағыс үшін Фруд саны 1-ден артық).

Туннельдердің қисық сызықты трассаларының бастапқы және ақырғы учаскелерін ұзындығы бойынша түзу сызықты, қазба аралығына (диаметріне) тең, бірақ 6 метрден кем емес етіп қарастыру қажет.

5.4 Арынсыз туннельдердің көлденең қимасының формасы 1 суретте келтірілген, сондай-ақ, олардың өлшемдерін 1 кесте бойынша қабылдау керек.

Бекемдік коэффициенті f МЕМСТ 21153.1 бойынша анықталады және жыныс үлгісінің беріктік шегін бірестік сығылуға (МПа-мен) бөлгенде алынатын айырманың 10-ға тең мәнімен қабылданады

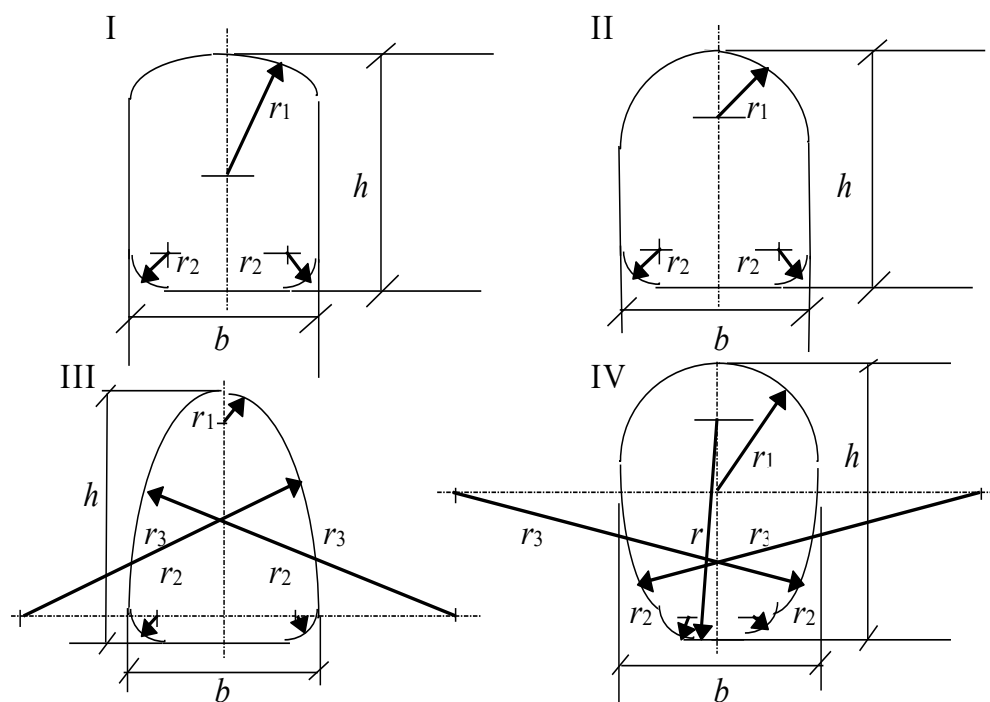
1-кесте –Арынсыз туннельдердің көлденең қимасы өлшемдерінің қатынасы

Туннельдің көлденең қимасының формасы	Топырақтың бекемдік коэффициенті f (Протождьяконов бойынша)	Қима өлшемдерінің қатынасы			
		r_1 / b	r_2 / b	r_3 / b	r_4 / b
I	$f \geq 8$	0,71	0,1 – 0,15	-	-
II*	$8 < f < 4$	0,5	0,1 – 0,15	-	-
III*	$4 \geq f \geq 2$	0,25	0,1 – 0,25	1 – 0,9	-
IV*	$f < 2$	0,5	0,1 – 0,15	1 – 1,5	1 – 1,5
* Туннельдің көлденең қимасының I пішінінде қолдануға жол беріледі (1 сурет). * Арнайы негіз болғанда қолданылады. Ескертпелер 1 кестенің деректері $h/b = 1$ қатынасына жатады. Туннельдегі су деңгейінің ауытқуы $0,3h$ артық болғанда $h/b > 1$ қабылдауға жол беріледі. 2 Астаудың туннель қабырғаларымен жанасқан жерінде дөңгеленудің (вуттвар) орналасу қажеттігі есептеу арқылы анықталады.					

5.5 Топырақтан өтетін, тау қысымын дамытатын, қиманың тік білігіне қатысты симметриялы емес, сонымен қатар, жер асты суларының арыны жоғары болғанда арынсыз туннельдер үшін дөңгелек сызбаның көлденең қимасын қабылдау қажет.

Тиісті негіздеме болғанда арынсыз туннельдердің көлденең қимасының басқа формаларын қабылдауға жол беріледі.

Тереңде орналасқан арынсыз туннельдер үшін (жынысқа жақын жатқан) қабырғалар мен күмбездердің бейнесі ұқсас жағдайларда салынған туннельдерге жасалған талдау негізінде анықталуы тиіс, ал мұндай ұқсас туннельдер жоқ болған жағдайда сандық модельдер негізінде жасалған есептеулер арқылы анықталады.



1-сурет – жарықтағы арынсыз туннельдердің көлденең қимасының формалары

5.6 Арынды туннельдердің көлденең қимасы дөңгелек бейнені қабылдауы тиіс. Орнықты өте әлсіз жарықшақтанған жартасты топырақтарда арынды туннельдің дөңгелек емес бейнесін қабылдауға жол беріледі (1 суретті қараңыз, I, II, IV формалар), егер бұл ретте қаптаманың беріктік шарты қанағаттандырылатын болса. Жартасты топырақтың сызаттану немесе жарылу дәрежесін (модуль) ҚР ҚНЖЕ 3.04-04 бойынша анықтау керек.

5.7 Туннельдердің көлденең қимасының өлшемдерін гидравликалық және техникалық-экономикалық есептеулер негізінде анықтайды.

Жобалаудың бастапқы сатысында туннельдің (немесе аралықтың) диаметрін 0,5 м-ден кейін 2-ден 6 метрге дейін, 1 метрден кейін 6 метрден артық етіп қабылдауға жол беріледі.

Ішінара арынды гидравликалық режим жағдайында және туннельдегі су жылдамдығы 10 м/с артық болғанда көлденең қима өлшемін ұқсас жағдайдағы туннельдерді пайдалану тәжірибесін ескере отырып, немесе арнайы гидравликалық есептеулер мен зерттеулер негізінде тағайындау қажет.

5.8 Су ағысы 10 м/с дейін болып қалыптасқандағы ауа кеңістігінің арынсыз туннельдегі су деңгейінен биіктігін гидравликалық есептеулер негізінде қабылдау қажет, бірақ жарықтағы туннельдің 0,07 биіктігінен кем болмауы және 40 см/ден кіші болмауы тиіс.

Туннельдегі су ағысының жылдамдығы 10 м/с артық болғанда көрсетілген ауа кеңістігінің жеткіліктілігі негізделуі тиіс.

5.9 Гидротехникалық туннельдердің көлденең қимасының минимальды өлшемін құрал-жабдықты, коммуникацияларды орналастыру, құрылыс механизмдерін өткізу және жер асты жұмыстарын жүргізгендегі қауіпсіздік талаптарын сақтау мүмкіндігін ескере отырып қабылдау қажет.

5.10 Егер гидротехникалық туннельдер көп жылғы тоң топырақта орналасқан болса, онда жобадағы басқа тең жағдайларда туннельді жұмыстың арынды режимімен қабылдау қажет.

6 ТУННЕЛЬДЕР КОНСТРУКЦИЯСЫНА АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАР

6.1 Туннельдердің бетон және темір бетон конструкцияларына арналған бетон мен арматура (қаптама, порталдар және басқалар) ҚНЖЕ 2.06.08 және осы тараудың талаптарын қанағаттандыру тиіс.

6.2 Бетонның сығылуға беріктік дәрежесі келесі конструкциялар үшін мына мәндерден кем болмауы тиіс:

- монолитті бетон және темірбетон.....B20;
- жиналмалы темірбетон B30;
- шашырама-бетонды.....B25.

Тиісінше негіздеме болған жағдайда қасиетін жақсартатын арнайы қоспалар қосылған төменірек дәрежелі бетондарды, сонымен бірге алуинитті цементтегі бетон немесе басқа өздігінен қысылатын цементтердегі бетондарды қолдануға жол беріледі.

Арынсыз туннельдерге төсеуге арналған су өткізбейтін бетон маркасы W6-дан төмен болмауы, ал арынды туннельдерге төсеу үшін W8-ден төмен болмауы тиіс.

Туннельдердің бетон және темір бетон конструкциялары үшін аязға берік бетон маркасы ҚНЖЕ 2.06.08 талаптарына сәйкес тағайындалуы тиіс.

Сығылуға беріктік және біліктік созылу дәрежесіне және су өткізбеуі мен аязға төзімділігі бойынша маркасына жауап беретін бетонның жасы (қату мерзімі) 180 күнге тең деп қабылданады. Егер конструкцияны нақты жүктеу мерзімі, оларды тұрғызу тәсілдері, бетонның қату шарты, қолданылатын цементтің түрі мен сапасы белгілі болса бетон дәрежесі мен маркасын басқа жасқа белгілеуге болады.

6.3 Көп жылғы тоңды топыраққа орналасқан туннельге төселетін бетонның класы мен маркасын тағайындағында бетонның кезеңдік (маусымдық) қату және жібу мүмкіндігін ескеру қажет.

6.4 Шашырама-бетон мен торкрет кластарын біліктік керілуге беріктігі B_t 2,4 кем болмайтындай етіп тағайындау қажет. Шашырама-бетон мен торкреттің нормативті және есептеу кедергісінің мәні бетондағыдай мәнмен қабылдануы тиіс.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

B_t 2,4, B_t 2,8, B_t 3,2 кластары үшін шашырама-бетон мен торкреттің серпімділік модулін сәйкесінше $3,25 \cdot 10^4$, $3,6 \cdot 10^4$ и $3,9 \cdot 10^4$ МПа тең деп қабылдау қажет.

6.5 Кавитациялық төзімділігі мен қажалуға төзімділігі жоғары гидротехникалық туннельдерді (немесе олардың бөлімдерін) қаптағанда кавитацияға берік және тозуға берік бетондарды қарастыру қажет.

6.6 Туннельдердің бетон және темірбетон конструкциялары үшін МЕМСТ 26633 талаптарына жауап беретін материалдарды (цементтер мен толтырғыштар) қолдану қажет.

6.7 Туннельдер конструкцияларына арналған бетондарға пластикаландырғыш қоспа (суперпластификаторлар), ауа кірістіргіш қоспалар және ҚНЖЕ 2.06.08 талаптарына жауап беретін беттік-белсенді заттардың кешенді қоспасын қосу қажет.

6.8 Гидротехникалық туннельдер үшін А-II (А300) және А-III (А400) класты кезеңдік профильдің ыстықтай тапталған арматуралық болатын қолдану керек.

Темірбетон мен анкерлік бекітпе үшін арматуралық болаттың есептік кедергісі 2.06.08 талаптарына сәйкесуі тиіс.

6.9 Аралас қаптаманың болат қабығына арналған болат маркасын А қосымшасына сәйкес қабылдайды.

Илек болаттың есептік кедергісі мен болат конструкцияларды дәнекерлеу үшін қолданылатын материалдарды ҚНЖЕ 5.04-23 сәйкес қабылдау қажет.

7 ТУННЕЛЬДЕР КОНСТРУКЦИЯСЫ

7.1 Жалпы конструкциялық талаптар

7.1.1 Гидротехникалық туннельдерді жобалағанда қарау және жөндеу үшін оның бүкіл бойында оны босату мүмкіндігі қарастырылуы тиіс.

Бекітпеге дейін туннельдің бастапқы учаскелерін босатуды қарастырмауға жол беріледі. Бұл учаскелердің ұзындығы минимальды болуы тиіс.

7.1.2 Гидротехникалық туннельдердің кірістері мен шығыстары порталдар түрінде жасалған болуы тиіс, оларды рельефтің табиғи тепе-теңдігі барынша аз бұзылатындай етіп орналастыру қажет.

Сейсмикалық аудандарда порталдар беткей шегінен шықпауы тиіс. Сонымен қатар, порталдар конструкциясын қарапайым геометриялық формада қабылдау қажет.

Қатаң және аса қатаң климатты аудандарда орналасқан шығыс порталдар үшін қысқа уақытта жылуоқшаулау мүмкіндігін қарастыру керек.

Портал учаскелерінің ағыс бөлігінің өлшемі мен нақты геометриялық формаларын гидравликалық есептеулермен және кернеулі-деформациялық жай-күйді есептеулермен анықтайды.

7.1.3 ГЭС-тердің су қабылдағыштары келесі талаптарды қанағаттандыруы тиіс:

- су қабылдағыштың өткізу қабілеті судың үздіксіз берілуін қамтамасыз етуі тиіс;
- су қабылдағыштың құрылыс шегінде орналасуы, жақындау бөлігінің және су қабылдағыштың өзінің формасы арында аз жоғалта отырып, су қабылдағышқа судың біртіндеп енуін қамтамасыз етуі тиіс;

- су қабылдағыш гидростанцияларды ұзақ уақыт өшірген жағдайда арынды су өткізгішке судың түсуін тоқтатуға арналған бекіткішпен жасақталған болуы тиіс;

- суқабылдағыш деривация туннелін су ілестіріп әкелген денелерден, қоқыстан және батындылардан (батып кеткен заттардан) сақтайтын қоқыс тұтқыш торкөздермен, сонымен бірге торкөздерді қоқыстан тазалайтын және оларды кетіретін құрылғымен жасақталған болуы тиіс;

- су қабылдағышта жұмыстың қысқы кезеңінде мұздан және іркімеден қорғаныс қарастырылған болуы тиіс.

7.1.4 Су жинақтау туннельдерінің шығыс порталының артында ағыстың жол берілмейтін шайғыш әсерін жоятын ұштық құрылғы қарастырылуы тиіс. Оларды конструкциялағанда:

- құрылыс негізін, өзен арнасы мен жағалауларын ықтимал шайып кету, төменгі бьефте шаю өнімдерінің жиналған үйіндісінің пайда болуы және су деңгейінің ілеспелі көтерілуі ескерілуі тиіс;

- сусоққы құрылғысының шегінде артық кинетикалық энергияның жойылуын немесе құрылыстан ағысты қайтара отырып, оны арна ені мен (немесе) бойымен бьефтерге ірелес жатқан жерге таратуды қамтамасыз етуі тиіс.

Ақырғы құрылғылар конструкциясын оңайлату және су жинақтаушы туннельдерден шығатын жерде бьефтердің қосылу жағдайын жақсарту үшін арынсыз кеңейтілген учаскелер, ал құрылыстағы ауытқу шағын болған жағдайда арынды диффузорлар да қарастырған дұрыс.

Ақырғы құрылғыларды шашыраған ағыстың шайып кетуіне жол бермес үшін олардың ұшындағы қимасына топырақты цементтей отырып, анкер тістерін орнату қажет. Трамплиннің ең терең учаскесінен суды төгу үшін қажет болған жағдайда арнайы құрылғы қарастырылуы тиіс.

7.1.5 Суқашыртқы туннельден шығатын жердің қарама-қарсысында орналасқан жағаның жол берілмейтін шайылуын және туннельдің ақырғы конструкциясына тұнбаның жиналып қалуын болдырмас үшін оның белгілері мен төменгі бьефтегі су деңгейі арасында қажетті ауытқу немесе айырмашылық болған жағдайда ағыстың әкетілуін және өзең арнасы бойымен оның бұрылуын қамтамасыз ететін трамплинді вираж түрінде немесе су ағысын арна бойымен таратып отыратын бүйір жақ төккіші бар трамплин түрінде жобалау қажет.

7.1.6 Үлкен арын болған жағдайда (50 м артық) және шығатын жердегі ағыс жылдамдығы шайғыш жылдамдықтан артық болғанда тракт шегінде энергия өшірілетін су шығарғыш туннельдер конструкциясын қарастырған дұрыс болады, бұл төменгі бьефтегі ағыстардың қосылуына арналған конструкцияның жеңілдеуіне, туннельдің қапталатын бетін кавитациялық әсерден қорғауды және су есептелгеннен аз шығындалған жағдайда арынсыз және арынды ағыс режимдерінің ауысын болдырмауды қамтамасыз етеді. Туннельдер трактіндегі мұндай конструкциялық шаралар ретінде жобалаған кезде энергияны өшіру камералары, шахталық бәсеңдеткіштер және ағысты айналдырудың әр түрлі сызбалары қарастырылғаны жөн.

7.1.7 Туннельдің қапталатын бетінің тегістігіне және жатықтығына қойылатын талаптар туннельдің өткізу қабілетін қамтамасыз ету шарттарына орай анықталуы тиіс.

Суқашыртқы туннельдерде ағыс жылдамдығы 15 м/с болғанда туннельдердің қапталатын бетін кавитациядан және кавитациялық эрозиядан қорғау үшін конструкцияның қапталатын сұлбаларын іріктеуді; конструкцияның қапталатын сұлбасын іріктеуді, конструкцияның суперкавитациялық элементтерін және тракттегі қысымның артуына жол ашатын элементтерді; тегіс қапталатын бет алуды; кавитациялық беріктігі жоғары бетондарды қолдануды; қорғаныс жамылғыларын және әсіресе трактідегі арынсыз ағыс режимі жағдайында, ағыстың қабырғаны жапқан қабатының аэрациясына арналған құрылғыны қарастырған жөн;

Сумен тасымалданатын ағындылар мен судағы қалқымалы денелерден (бөренелер, мұз және т.б.) қорғану үшін тозуға беріктігі жоғары бетонды, сонымен қатар қорғаныс жамылғысын пайдалану қажет.

7.1.8 Суды гидротрубиналарға немесе сорғыларға әкелетін туннельдер үшін ұсақ құрылыс қалдықтарынан тазалау мақсатында суды аздап жіберу арқылы гидравликалық жуу мүмкіндігін қарастыру қажет.

Сонымен бірге, жоғары бьефте өзен арнасы бөгелгеннен кейін су жинағыштағы белгіні көтеру көмегімен, өзен арнасында тұтқыштар жасау немесе ыдыстар орнату арқылы ағыспен келген ағындылардың аккумуляциясын қамтамасыз ету шараларын жүргізудің қажеттілігін қарастырған жөн.

7.1.9 Туннельдердің конструкциялық шешімдері заманауи техниканың техникалық мүмкіндіктеріне (үңгу қалқандары) және жыныстарды үңгу және туннельдерді қаптау механизмдеріне байланысты болуы тиіс.

7.2 Қаптамасыз туннельдер

7.2.1 Өте әлсіз жарықшақтанған шайылмайтын топырақтар арқылы өтетін (жарықшақтарды толтыру материалдарымен қоса) немесе көп жылғы тоңды жартасты топырақтардан өтетін, температура режиімінің өзгерісіне байлынысты беріктігін жоғалтпайтын арынсыз туннельдерді, сонымен қатар су арынының жартысынан төмен (метрмен) тереңде орналасқан арынды туннельдерді қаптамасыз жобалауға болдады.

Тиісті негіздеме болған жағдайда судың ішкі қысымының мәнінен төмен қысымдағы туннельдердің орналасу тереңдігін қаптамасыз қабылдауға жол беріледі.

7.2.2 Су ағысының жылдамдығы 10 м/с жоғары болғанда қаптамасыз туннельдерді жобалағанда туннель жұмысына түсетін гидравликалық күштер мен жартасты топарақтың жай-күйін ескере отырып, негіздеме берілуі тиіс.

7.2.3 Туннельдің беті қапталмаған бастапқы және ақырғы учаскелері (арынды және арынсыз) қазба аралығына (диаметріне, еніне) тең, бірақ 6 м-ден кем емес, ұзындығы бойынша қапталатындай болып қарастырылуы тиіс,

7.2.4 Жекелеген блоктар мен жартас сілемі учаскелерінің тұрақтылығы бұзылуы ықтимал қаптамасыз әкелуші туннельдерде (немесе олардың учаскелерінде) мұндай блоктарды (жартас сілемінің учаскелерін) цемент езіндісіне немес шашырама бетонға қоныдырылған анкерлермен бекіту бойынша жұмыстар қарастырылуы тиіс. Туннель науасында беріктігін жоғалтқан жыныс кесектеріне арналған арнайы тұтқыштар қарастырылуы тиіс.

7.2.5 Қаптамасыз туннельдерді жобалағанда туннель бетінің ең төменгі бұдырлығын қамтамасыз ететін технология көзделуі қажет.

7.3 Туннельдерді қаптау

7.3.1 Барынша тұрақсыз жыныстарды үңгігендегі тау-кен қазбаларының қауіпсіз жай-күйін қамтамасыз ету үшін тау қысымының дамуын тойтаратын, қазба ішіне жыныстың потенциалды тұрақсыз блоктарының қабыршақтануына және құлауына жол бермейтін уақытша бекіткіш орнату керек.

Уақытша бекіткіштерді атқаратын жұмыстары бойынша ұстап тұратын және тау жыныстары сілемдерін мықтайтын деп бөлуге болады.

Жерасты гидротехникалық туннельдерінің құрылысын салғанда уақытша бекіткіштің прогрессивті жеңілдетілген түрлерін – тау жыныстары сілемдерін мықтайтын анкерлік және шашыранды бетон бекіткішін қолдануға кеңес беріледі.

7.3.2 Қазбаның күмбез бөлігі үшін бойлық және ендік бағыттағы анкерлердің арасындағы қашықтықты келесі шарттар бойынша анықталған шамада (бірақ, 1 м/ден кем емес) қабылдау керек:

- жыныс күмбезінің түзілуі;
- анкерлер арасындағы жыныстардың беріктігі;
- анкердің мықтап бекітілуі.

7.3.3 Қазба қабырғалары үшін анкерлік бекіткішті қолдану қажеттігі нақты инженерлік-геологиялық шарттарды және тау жыныстары сілемінің кернеулі жай-күйін ескере отырып негізделуі тиіс.

7.3.4 Тегістегіш қаптаманы монолитті бетоннан немесе шашырама бетоннан қарастырған жөн.

Туннельдегі су жылдамдығы 10 м/с-тан аспайтын болғанда туннель күмбезі мен қабырғаларының тегістегіш қаптамасын шашырама бетоннан жасауға жол беріледі; ал су жылдамдығы үлкен болған жағдайда оларды пайдалануға жеткілікті негіз болуы тиіс. Шашырама бетоннан жасалған тегістеуші қаптаманы жерасты суларының деңгейінен төмен тереңдікте жатқан учаскелерге қолдануға жол берілмейді. Тегістегіш қаптама төсегенде науаның бетоннан жасалғанын қарастыру керек.

Арынды туннельдерде тегістегіш қаптаманы судың ішкі қысымының шамасының жартысынан кем емес туннель тереңдігінде қолдану қажет.

7.3.5 Арынды және арынсыз туннельдердің салмақ түсетін қаптамаларының негізгі түрлері мен оларды қолдану саласы 2 кестеде көрсетілгенге сәйкес болуы тиіс.

Туннельді үңгудің қалқанды тәсілінде монолитті-престі бетоннан әзірленген қаптаманы және ішкі екінші қайтара қаптама орнату қажеттігін болдырмауға жол ашатын жиналмалы дөңгелек қаптама конструкциясының жаңа түрлерін қолдануға жол беріледі (жабылатын сегменттері бар темірбетон қаптама, конусты жалғастырғыш бастиектері бар темір-бетон қаптама, алдын-ала керілген темірбетон қаптама, ұяшықты темірбетон қаптама, болатбетон блоктан жасалған қаптама, болаттемірбетон қаптама). Мұндай қаптаманы қолдану есептеулерге негізделеді.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

Судың ішкі қысымының шамасының жартысынан кем болмайтын тереңдікте орналасқан туннельдер үшін анкерлі бекіткіші бар шашырамаы бетоннан жасалған қаптаманы қолдануға жол беріледі. Орташа- және күшті сызаттанған топырақтарда шашырама-бетонды металл торкөз арқылы пайдалану қажет.

Шашырама-бетонның топырақпен ілінісуі 0,5 МПа кем болмауы тиіс. Тиісті экспериментальды негіздеме болған жағдайда ілінісу аз болса да шашырама-бетоннан жасалған қаптаманы қолдануға жол беріледі.

Топырақ суларының шашырама-бетон қаптамаға әсер еткенде немесе қаптаманың топырақпен ілінісу топырағын цементтегенде топырақ суы қысымының мәні екі еселенгеннен кем болмауы тиіс.

Бекемдік коэффициенті f 4-тен 8-ге дейін грунттарда ішкі темірбетон қабықтан жасалған аралас қаптама және жиналмалы сырты темір бетон сақина үшін темірбетон қабықтың орнына темірторкретті қабықты пайдалануға жол беріледі.

2-кесте –Арынды және арынсыз туннельдердің күш түсетін қаптамаларының негізгі түрлері

Қаптама	Бекемдік коэффициенті f және топырақтың үлестік тойтарысы K_0 , Н/см ³ (кгс/см ³)								
	$f > 8$; $K_0 > 5000$ (500)			F от 4 до 8; $K_0 = 2000-5000$ (200-500)			$f < 8$; $K_0 < 2000$ (200)		
	Су арындары, м								
	30* аз	30-дан 100-де дейін	100-ден жоғары	30* аз	30-дан 100-де дейін	100-ден жоғары	30* аз	30-дан 100-де дейін	100-ден жоғары
Монолитті: бетон престелген бетоннан шашырама – бетоннан анкері бар темірбетон	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	-	-	-	+	-	-	+	-	-
	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	-	-	+	-	+	+	+	+	+
Аралас: Ішкі темір- Торкретті қабық,сыртқы монолитті бетонішкі болат қабық, сыртқы монолитті бетон немесе темірбетон немесе темірбетон ішкі темірбетон қабық, сыртқы жиналмалы темірбетон сақина	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	+	-	-	+
	-	-	-	+	-	-	+	+	-
*Оның ішінде арынсыз туннельдер. Ескертпелер 1 «+» қолдануға болатынын, «-» белгісі – қолдануға жол берілмейтінін білдіреді. 2 Кестеде келтірілген қаптамалардан өзге қаптама түрлерін тек тиісінше негіздеме болғанда ғана қолдануға жол беріледі									

7.3.6 Туннельдердің салмақ түсетін қаптамалары жарылысқа төзімді емес (жарылулардың ашылу шамасы бойынша есептелетін), сондай-ақ жарылуға төзімді ретінде де жобаланады (жарылулардың түзілуіне жол берілмейді).

Бетон және темірбетон қаптамаларды ереже бойынша, жарылуға төзімді емес деп қарастырған жөн.

Жарылысқа төзімділер кемінде 0,25 мг-экв/л судың гидрокарбонатты сілтілігінде, сілтісіздендіруде, суффозияға ұшыраған топырақтарда және күкіртті сутегін белгілеуі бар аймақтарда құрылатын туннель қаптамалары болуы тиіс, сондай-ақ су сүзілгенде топырақты ауқымның беріктігі және қаптаманың ұзақ мерзімділігін төмендетуі мүмкін.

7.3.7 Бетон немесе темірбетон салмақ түсетін қаптамалар оны дөңгелек сызуда немес дөңгелек емес қимада b қимасының енінің 0,15 жартысы немесе кемінде 0,15 болуы тиіс.

Егер жарылуға төзімділік талаптары бойынша арынды туннельдерді қаптау қалыңдығын ұлғайту талап етілесе, салмақ түсетін цементте туннельдің алдын ала күш түскен темір бетон қаптамаларды қолдану немесе оларды күшейту цементтеу жолымен топырақтардың деформациялық сипаттамаларын жақсарту немесе серіппеліліктің аз модульдерінің мәнімен материалды қолдану мүмкіндігі туындайды. Бұнда оларды күшейтуді цементтеу жолымен топырақтардың деформациялық сипаттамаларын жақсарту бойынша шешім тәжірибелік учаскедегі күшейтіп цементтеу орындалғаннан кейін техникалық-экономикалық салыстыру негізінде қабылдануы тиіс.

7.3.8 Гидротехникалық туннельдердің қаптамасының ең аз қалыңдығын кемінде, см былайша қабылдаған жөн:

- монолитті бетон және темірбетон үшін.....20;
- ішкі монолитті темірбетон қабық үшін
- үйлестірілген қаптамалар.....10;
- құрама темір бетондар үшін.....10;
- шашырама-бетоннан:
- салмақ түсетіндерден.....10;
- тегістеуіштерден.....5;
- темірторкреттен 5.

7.3.9 Жарылуға төзімді емес темір бетон қаптамаларды арматуралау пайыздарын сүзу шығындары және жарылулардың ашылуын шектеуден анықтаған жөн (7-кестеге сай) бірақ 0,5 % кем қабылдамау керек.

$f < 4$ бекемдік коэффициентімен топырақтарда салынатын арындық туннельдердің жарылуға төзімді қаптамалары үшін топырақта $f \geq 4 - 0,15$ %, болғанда 0,3 % қабылдау керек.

Темір торкретті қаптамалардың ең аз арматуралануын 1 % төмен қабылдамаған жөн.

7.3.10 Арматураның екі қатарда орналасуындағы арындық туннельдердің темірбетон қаптамаларында есептік арматураның негізгі бөлігін (60 – 79 %) қаптаманың ішкі бетіне орналастырған жөн.

Берік дара топырақтарда, сондай-ақ металл акралардан уақытша бекітпені пайдаланғанда қаптаманың ішкі бетінде орналасқан бір текті арматураны орнатуға рұқсат етіледі.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

Бойлық тарату арматурасын 25 см артық емес жұмыстық қадаммен ішкі бетінде орналастырған жөн.

Біртекті емес арматураларда, карстық бос орындарда, топырақ ауқымының тектоникалық және басқа бұзылуларында рұқсат етілетіннен артық ашумен жарылулардың түзілуін болдырмайтын құрылымдық іс-шараларды қарастырған жөн.

Арынсыз туннельдердегі темірбетон қаптамаларда арматураны орналастыру бірінші топтың шектеулі жағдайы бойынша есептеумен анықталады.

7.3.11 Монолитті темірбетон қаптамаларының жұмыс арматурасы үшін қорғаныш қабатының қалыңдығын төмендегіден кем емес мөлшерде қабылдаған жөн:

- 30 мм 30 см дейінгі қалыңдықтағы қаптамада;
- 40 мм 50 см дейінгі қалыңдықтағы қаптамада;
- 50 см жоғары 50 мм қалыңдықтағы қаптамада.

Агрессивті су ортасында қорғаныш қабатының қалыңдығы 10 мм ұлғаяды.

Бөлу арматурасы үшін қорғаныш қабатының ең аз қалыңдығын жұмысшы арматураға қарағанда 10 мм аз емес қабылдаған жөн.

Қаптаманың құрама элементтері үшін монолитті қаптамалар үшін орнатылғанмен салыстыру бойынша қорғаныш қабатының қалыңдығын 10 ммге азайтуға рұқсат етіледі.

Ұяшықтың қорғаныш қабатының және туннель қабырғаларының қалыңдығын салындының үйкелуін ескерумен, бірақ кемінде 50 мм орнату қажет.

7.3.12 Арынды туннельдердің тарамдану учаскелерінде және олардың бекіту камераларымен және басқа ұқсас құрылыстармен, арындық (АС) және гидроаккумуляциялаушы электр станциялары, ГЭС ғимараттарымен олардың жанасу және арынды туннельдердің тарамдану учаскелерінде болат қаптауды қолданған жөн.

Ішкі болат қаптауышпен үйлестірілген қаптама учаскелерінің ұзындығын (шекарасын) келесі белгілер негізінде анықтаған жөн:

- салмақ түсетін аралас топырақты ауқым;
- Жер бетінің бағытындағы немесе көршілес «жерасты» құрылыстардағы туннельден сүзілу мөлшері және жолының ұзындықтары;
- кавитациялық ықпалдан қорғау шарттары бойынша.

Келте құбыр кеңістігінің мөлшерлері – болат конструкция және әзірлемелер арасындағы саңылаулар (уақытша бекіту) – құрылыс-құрастыру жұмыстарын жүргізуде қауіпсіздік техникасының ең аз талаптарын ескерумен қабылдаған жөн.

Екі жақты құрастыруда және пісіруде келте құбыр асты кеңістігінде тұтас өтуді көздеу ұсынылады.

Болат қаптауыш соңында бекітпеден кейінгі ағымның арынсыз режимінде оған ауаның келуімен аэратор құрылғысының орындылығын қарастыру қажет.

7.3.13 Өзгеру жіктерін қаптауыш элементтері біріге алатын туннель учаскелерінде және камераларға түйісу орындарында орналастырған жөн.

7.3.14 Арынды туннельдердің құрылыс және өзгеру жіктерінің су өткізбегіштігін қамтамасыз ету үшін диафрагмалар, буаттар немесе басқа тығыздауларды қарастыру қажет.

7.3.15 Қаптамасы бар туннельдердегі тығыздауыш цементтеуді бетоннан құйылған қаптамамен тік және көлбеу су таратқыштар, шашырама-бетон немесе тығыздалған бетон

қаптамаларымен туннельдерді қоспағандағы барлық жағдайларда көздеген жөн (көкжиекке көлбеу бұрышы 30^0 артық).

7.3.16 Жарылысты топырақтарда орналасатын туннель қаптамаларын жобалауда ереже бойынша бекіту және сүзілуге қарсы цементтеуді көздеген жөн.

7.3.17 Жерасты суларының қысымын қабылдайтын қаптама конструкцияның жұмысын жақсарту үшін топыраққа қаптамаларды анкерлеу және дренажды құрылғыларды қолдану орындылығын қарастырған жөн.

7.3.18 Көп жылдық тоң топырақтарда орналасқан қысымсыз туннельдерді жобалауда күмбезді бөліктің мұздануына, сондай-ақ маусымдық еруден аяздық көтерілуді және топырақтың ағатын су деңгейінен жоғары қатуын болдырмайтын іс-шараларды көздеу қажет.

7.3.19 Көп жылдық тоң аса мұзданған топырақтарда қаптамалардың иілгіш құрылымдарын қолданған жөн (темірбетонды анкерлерден, шашырама-бетоннан), сондай-ақ олардың тұтастығын бұзбастан өзінің элементтеріндегі күшті қайта бөлу.

7.3.20 Көп жылдық тоң топырақтарда орналасқан туннельдерді жобалауда топырақтардың еруі салдарынан оның үстіндегі беттер және туннельдің тұнбалары мүмкіндігін ескеру қажет.

8 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ТУННЕЛЬДЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖАБДЫҒЫ

8.1 Жалпы конструкциялық талаптар

8.1.1 Әр механикалық жабдықты құрастыру және конструкциялық ерекшеліктері мыналарды ескерумен әзірленуі тиіс:

- шахталық және апатты пайдалану шарттарындағы сенімді жұмысты қамтамасыз ету;
- пайдаланушылық қызмет көрсету қауіпсіздігі және қол жетімділігі, қолайлылығы, жөндеу, құрастыру, қайта құрастыру, тасымалдау жұмыстарын механизациялау;
- бекітпелердің, бекітпе камераларының, ауа өткізгіштердің мұздануын болдырмау;
- санитарлық және экологиялық талаптарды сақтау;
- өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету.

8.1.2 Гидротехникалық туннельдердің кіріс және шығыс учаскелерін жобалауда ағынды тракт, оларды тексеру, жөндеу немесе қайта құруды қамтамасыз ететін іс-шаралар немесе құрылғылар көзделуі тиіс.

8.1.3 Механикалық жабдықты пайдалану құрамы, параметрлері, шарттары және режимі нысанды уақытша пайдалану және құрылыс кезеңі, оны тұрғызу кезеңділігін ескерумен туннельді тұрақты пайдалану кезеңіне әзірленуі тиіс.

8.1.4 Бекітпелерді жеке бұрулар механизмдері, май таситын гидроқұбыр орнатулары және басқару аппараттары стационарлық бөлмелер немесе шатырлардың атмосфералық тұнбаларынан қорғалуы тиіс.

8.1.5 Қатаң климатты аудандарда жеке бұрулармен бекітпелер жабық бөлмелерде қызмет көрсетілуі тиіс. Май тасымалдағыш орнатулар, басқару және бақылау аппаратурасы жағылатын желдетілетін бөлмелерде орналасуы тиіс.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

8.1.6 Негізгі және апаттық-жөндеу бекітпелерінің көтеру механизмдерін электрмен жабдықтау екі бөлу құрылғысынан көзделуі тиіс, сондай-ақ энергия жүйесіндегі гидротехникалық құрылғыда төтенше жағдайда (апатта) мүмкін зақымдаулар аймағынан тыс болатын олардың әрқайсысы тәуелсіз көздерден қуат алады.

8.1.7 Басқару жүйесі басқару жүйесінің элементтерінің жұмысына өз еркімен қосу мүмкіндігін болдырмауы тиіс.

8.1.8 Барлық жүк көтеру механизмдері көтерілетін жүктің салмағын бақылау құралдарына ие болуы тиіс және механизмдердің жұмысы белгіленген жүк көтергіштікті асыру жағдайында бұғатталуы және жарықтық және дыбыстық сигналдар қосылуы тиіс. Механизмді қайта қосу тек қайта бұғаттауды алғаннан кейін ғана жүргізілуі мүмкін (көтергішке тыйымды алу), ол персоналдың механизмді басқару жүйесінде орындалуы тиіс.

8.1.9 Механикалық жабдықты жобалауда қолданыстағы гидротүйіндердің ұқсас табиғи-климаттық шарттарында жабдық және ұқсас құрылыстарды пайдалану тәжірибесін ескерген жөн.

8.2 Бекітпелер

8.2.1 Туннелдердерің кіріс порталдарындағы негізгі бекітпелер түрі (тегіс, сегменттік және басқалар), олардың саны және параметрлері судың өткізілетін көлемі және арынына байланысты анықталуы тиіс.

8.2.2 Негізгі бекітпелер барынша көп арында түсіру және көтеруге есептелуі тиіс.

8.2.3 Әр апаттық-жөндеу бекітпелері үшін олардың апатты жағдайларда орындалатын талаптары нақты анықталуы тиіс.

8.2.4 Жөндеу бекітпелерін негізгі және апаттық-жөндеу бекітпелері, туннелдерді жөндеуді қамтамасыз ету үшін негізгі немесе апаттық-жөндеу бекітпелерінің алдында орналастырған жөн.

8.2.5 Жөндеу бекітпелері ретінде ереже бойынша, тегіс жылжымалы бекітпелер қолданылуы тиіс. Оларды көтеру және түсіруді тегістелген деңгейлерде жүргізген жөн.

8.2.6 Механикалық жабдықты техникалық куәландыру оларлы пайдалану ережелерімен белгіленген мерзімде, бірақ 5 жылда 1 реттен жиі емес жүргізілуі тиіс.

8.2.7 25 жыл және одан да артық пайдалануда болатын бекітпелердің жағдайын құралдық тексерумен техникалық куәландыру 5 жылда 1 реттен жиі емес жүргізілуі тиіс.

8.2.8 Арқандарды, тартылыс органдарын, сымдар және жерге қондыруды оқшаулауды, жарық беру және жүк көтергіш жабдықтың сигнализациясын тексеруді жылына 1 реттен жиі емес.

8.3 Туннелдердің бекітпелі камералары

8.3.1 Гидротехникалық туннелдердің бекітпелі камералары мыналарды қамтамасыз етуі тиіс:

- бекітпелерді толық ашудағы өткізгіштік қабілетін;
- камералар және бекітпелердің элементтерінің кавитацияға қарсы төзімділігін;

- камераның және бекітпелердің құрылымдық элементтерінің ағыстың күрт деформациясында туындайтын жоғары гидродинамикалық жүктемелерді қабылдау қабілеттілігі;

- бекітпелердің тасты лайлы ағыстардың ықтимал соққысынан және бұзу толқындарынан, гидравликалық соққыдан күшті қабылдау қабілеттілігі;

- туннельдің төмен жатқан учаскесіндегі ағысының қолайлы режимі.

8.3.2 Барлық соңғы ашықтарында негізгі бекітпелерден жоғары болатын камераның үстіңгі бөлігі ереже бойынша, ағымдық арындық режим шарттарында жұмыс істеуі тиіс. Бұл талап камераның үстіңгі арындық бөлігінің конфузорлығын қамтамасыз етеді.

8.3.3 Жоспарда бұру бар және мүмкін үйінділерді тасымалдайтын су жинау туннельдерінде бекітпелік камераларды трассаның тік учаскелерінде орналастыру қажет. Туннельдің бекітпе алдындағы жақын бұрылуы бекітпе камерасының әр саңылауы ішінде, саңылаулар бойынша салындыларды тегіс таратуды қамтамасыз ету және ағыстағы көлденең циркуляцияның сөнуі үшін жеткілікті қашықтықта одан қашықта болуы тиіс, сондай-ақ бекітпе камераларының әр саңылауы ішінде.

8.3.4 Бекітпе камераларындағы құрылымдарда болат қаптауыштарды пайдалануда бекіту учаскелеріндегі бетонмен оның бірлескен жұмысын кепілдендіретін құрылымдағы болат парақтарды қатаң және берік бекітуді қамтамасыз ету қажет. Бекітуді элементтің ұзындығы бойынша және бұрыштарда орналасқан анкерлер және қатты қабырғалар көмегімен қарастырған жөн.

8.3.5 Жеткілікті салмақ түсетін қабілеті бар топырақ ауқымыда орналасқан арынсыз төмен және жанасатын бекітпелік камералар учаскелерінде анкерленген топыраққа қаптаманың құрылымының орындылығын қарастырған жөн.

9 ДРЕНАЖ ЖӘНЕ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ТУННЕЛЬДЕРДІ ЦЕМЕНТТЕУ

9.1 Жалпы конструкциялық талаптар

9.1.1 Топырақты сулардың күрделі режимі және маңызды сумен қанығумен сипатталатын және/немесе жеткілікті беріктікке ие емес трассасы жыныстар арқылы өтетін гидротехникалық туннельдерді, сондай-ақ сумен туннельден фильтрлеуші ажырау олардың беріктігінің жоғалуына әкелетін жыныстарды жобалауда дренаж құрылғысын және топырақтарды цементтеуді көздеу қажет.

9.1.2 Дренаждар және цементтеуді жобалау құжаттамасында мыналарды көрсеткен жөн:

- жұмыс өндірісіне талаптар;
- құрылымдар элементтерінің өлшемдерінен ауытқуға жол берулер;
- жұмыстардың сапасын талап етуді кепілдендіретін арнайы іс-шаралар;
- орындалған жұмыстардың сапасын бақылау тәсілдері (сығылған ауамен үрлеу, суды айдау, қымтандығын сынау).

9.1.3 Сүзілуге қарсы цементтеу, топырақ суларының толық гидростатикалық қысымын қабылдайтын қаптамалар немесе олардың үйлесімі, дренажды қолдану нұсқалары техникалық-экономикалық салыстырумен анықталады.

9.2 Дренаж

9.2.1 Гидротехникалық туннельдердегі дренаж мыналар үшін қолданылады:

- қаптамалардағы топырақ суларының қысымын төмендету (ішінара немесе толығымен);
- қаптама арқылы сүзілетін су шығыны және арын градиенттерін төмендетудегі құрылыстың ұзақ мерзімділігін арттыру;
- оларды босатуда арындық туннельдерді металл қаптауыштың төзімділігінің жоғалуынан (көтеріліп кетуінен) сақтандыру;
- су көп жыныстардағы жерасты құрылыстары жұмысын орындауды жеңілдету.

Сонымен қатар, дренажды табиғи жағдайда топырақ суы жоқта, бірақ олардың беріктігінің жоғалуынан жыныстың кебу, сілтізідену немесе пайдалану кезінде туннельден судың сүзілуіне байланысты жылжымалы беткейдің орнықтылығының жоғалу қаупі бар.

9.2.2 Гидротехникалық туннельдерде қолданылатын дренажды жүйелер түрлерін таңдау (3-кесте), мыналарға байланысты болады:

- геологиялық және гидрогеологиялық шарттар;
- метеорологиялық факторлардың ықпалымен және топырақтық және беттік су қозғалыстарынан туындайтын жыныстағы физикалық – химиялық үдерістер;
- туннель қаптамаларының құрылымдары және материалы, оның жұмысының шарттары;
- дренаж және туннельді пайдалану және құрылыс шарттары.

9.2.3 Арынды гидротехникалық туннельдің қалыпты жұмысы жағдайларында топырақтық сулар қысымынан қаптаманы түсіру талап етілмейді, ал дренажбен түсіру туннельді босатқанда мүмкін, мысалы келесілер түрінде орындала алатын реттелетін дренажды қолданған жөн:

- кез келген кезеңде пайдалануды бақылау немесе тексеру үшін қол жетімді орындарда, коллекторлық құбырларда орнатылатын тиектер;
- топырақтық су қысымының астында ашылатын автоматты теріс клапандар.

Дренаж ысырмаларының уақытылы ашылу және жабылу сенімділігін ұлғайту үшін гидравликалық туннель бекітпесінің жұмысын электромеханикалық басқаруды бұғаттап алып, оларды басқаруды автоматтандырған дұрыс.

9.2.4 Дренаждарды тексеру және жөндеу үшін (мысалы, сүзгілерді ауыстыру) бұл мүмкін жерлерде қарау құдықтары құрылғыларын, тар жолдар, люктер р және т.б. көздеу немесе дренаждардан өтетін етіп жасау қажет.

9.2.5 Дренаждарды ондағы судың және су бөлу құрылғыларындағы қатып қалу мүмкіндігін болдырмайтындай етіп жобалау қажет.

9.2.6 Сейсмикалық аудандарда дренажды құрылғыларды ҚНЖЕ II-7 талаптарын ескерумен жобалау қажет.

9.2.7 Дренажда сүзілген суларды бөлуге болады:

- су өтетін туннельдің ішіне;
- күндізгі бетке өзіндік ағумен;
- төменде орналасқан су өткізгіш сулы қабаттарға;
- сорғымен сорып алу.

3 кесте – Гидротехникалық туннельдердің дренаждау жүйелерінің тұрпаттары

Гидротехникалық туннельдердің құрғату жүйелерінің тұрпаттары	Қолдану саласы	Жобалауға қойылатын негізгі талаптар
Дренаж туннельдері: бірқатарлы көпсатылы	Біртектес жыныстарда. Су өткізбейтін жыныстарды қайта қабаттағанда (бірнеше сулы көкжиектер болғанда)	1 Құрғату туннельдерінің өлшемдері олардың жүретін су шығынымен, құрылыс пен пайдалану шарттарымен анықталады. 2 Жоспарда жергілікті жағдайға байланысты орындалады: - түзу сызықты және қисық сызықты (полигональды); - тұйық және тұйық емес үздіксіз және учаскелер бойынша. 3 Оны толығырақ қамту үшін топырақ сулары ағысының жоғары жағында орналасады. 4 Науа бөлігінде дренаждау салдарынан бөлінген судың толығымен ағып кетуін қамтамасыз ететін су бұрғыш арық жасау қажет. 5 Түптің еңістігі келесі шарттарды ескеріп тағайындалуы тиіс: - шайылуға және су бұрғыш арықтардың түбіне лай жиналуына жол бермеу; - туннельді үңгу және оны пайдалану жұмыстары өндірісінің қолайлылығы; 6 Қазба қаптаманың үлкен су өткізгіштігі қажеттігі ескеріле отырып, бекіткіш жыныстың беріктігіне байланысты тағайындалады; бекітпеде және тұрақты жыныстарда дренаждау туннельдерін бекітілмеген түрде қалдыруға жол беріледі. 7 200 м артық ұзындықта шахмат тәртібінде әр 100 м сайын түптен 0,5 м биік ойықша-қорғаныс қарастырылуы тиіс.
Ұңғымалы құрғату: Тік бағыттағы көтерілетін ұңғымалар Тік бағыттағы төмендейтін ұңғымалар	Бірнеше сулы көкжиектердің болуы 1 Бірнеше сулы көкжиектердің болуы 2 гидротехникалық туннельдерден төмен су өткізгіштігі үлкен	1 Ұңғыманың сағасы қарау, монтаждау-демонтаждау жұмыстары және дебит пен арынды өлшеу мүмкін болатындай болуы тиіс. 2 Көлбеу немесе тігінен төмен бағытталған ұңғыма сағасы жер үсті суларының және басқа заттардың түсуінен сенімді қорғалған болуы тиіс. 3 Ұңғыманың ұзындығын 100 м дейін, ұңғыма диаметрін 50-150 мм шегінде қабылдау қажет. 4 Әлсіз жыныстардан өтетін ұңғыманың жұмыс істемейтін учаскелерін шегендеу құбырларымен бекіту қажет (тот баспайтын болаттан, шойыннан, асбоцементтен, пластмассадан жасалған).

3 кесте – Гидротехникалық туннельдердің дренаждау жүйелерінің, түрлері
(жалғасы)

Гидротехникалық туннельдердің дренаж жүйелерінің түрпаттары	Қолдану салсы	Жобалауға қойылатын негізгі талаптар
Көлденең және әлсіз көлбеу ұңғымалар	қабаттардың және болымсыз қысымы бар топырақ суларының орналасуы: дренаждалатын сілемді кесіп өтетін ұңғымалар жүйесі және төменде жатқан өтпелі қабат, топырақ суларының еркін бетін (немесе олардың пьезометриялық бетін) азайтады. Ірі құлайтын пласттар аралас қатпарлы жыныстар ең жоғарғы әсерге жетеді, егер дрендер қабаттарға қалыпты орналасқан болса.	5 Сәулелік ұңғымаларды шоғыр түрінде немесе арнайы түптерден, камералардан және шахталардан немесе тікелей туннельдер қазбасынан желпуіш тәріздес етіп бұрғылайды
сәулелік (көлденең, тігінен және көлбеу ұңғымалар)	Суға қаныққан жыныс көлемі үлкен болғанда	
Шпурды дренаждау	Туннельдер қаптамасына түсетін топырақ суларының қысымын азайту үшін	1 Диаметрі 50-100 мм және ұзындығы бірнеше метр болатын шпурлар жүйесі түрінде орындалады. 2 Жыныстардың жарылуы бірдей болғанда шпурлар қаптаманың бетіне қалыпты бұрғыланады. 3 Жыныстардың жарылуы біртегіс емес (қабатты) және сүзгілі анизотропия болғанда шпурларды осы ерекшеліктерге қарай бейімдеу қажет.
Түтікшелі дренаж(бойлық, ендік, аралас)	1 Бетон (темірбетон) қаптаманың жыныспен немесе метал қаптауышпен жанасуы 2 Бетон қаптама ішінде (темірбетон қаптама)	Келесі түрлерде орындалады: Цилиндрлі қуыс, шыныматамен оралған перфорацияланған түтікшелердің ішіндегі саңылау толтырғыштарды шығару арқылы жасалады, немесе бетонға бұрғыланған ұңғымалардың қаптамаларында қалдырылған саңылаулы материалдан жасалған құбыр түрінде.

3-кесте – Гидротехникалық туннельдердің дренаждау жүйелерінің, түрлері
(жалғасы)

Гидротехникалық туннельдердің дренаж жүйелерінің түрпаттары	Қолдану салсы	Жобалауға қойылатын негізгі талаптар
Таспалы дренаж (бойлық, ендік)	Арынсыз туннельдер	1 Жыныстың қаптамамен келесі сүзгіш материалдар толтырылған қуыс түріндегі қаптамамен жанасқан жеріде орындалады: құм, қиыршық тас, щебень, шыны мақта, қож, саңылаулы бетон (жиналмалы немесе монолитті). Саңылаулы бетон үшін тұтқыр заттар (цемент, битум, полимер смолалары) грунт суының химиялық құрамына сәйкес тағайындалуы тиіс. 2 Жыныстарда арнайы ойықтарда (штрабтарда, канаваларда, траншеяларда) немесе туннель қаптамасы қимасы шегінде орналасады. 3 Жартас маңындағы таспалы дренаждар қож төсеменен жабылған және жартасқа торкөзбен қысылған, арнайы анкерлермен бекітілген резеңке немесе икемді пластмассада жасалған перфорацияланған түтікшелерді пайдаланып (құрғатқыштардың күрт бұрылыстары мен бүгілген жерлерінде қатпарлы түтікшелер), орындалады. Қож төсемені бетон қоспасының (шашырама бетон) механикалық әсерінен қорғау үшін оны хлорвинил үлдірмен жапқан дұрыс.
Біртұтас құрғатқыш	Қалыпты су өткізгіштігімен сипатталатын тұрақты жыныстар	Келесі түрде орындалады: - жынысты қаптаған қаптама контуры бойымен орналасқан сүзгі материалдардан (құм, қиыршық тас, щебен, саңылаулы бетон, қожмақта, шынымақта және т.б.) қалыптастырылған қабат; - жыныс пен салмақ түспейтін қаптауыш (әрлеуші) арасындағы қуыстар; - жыныстың ашық қаптауышсыз беті.

**3-кесте – Гидротехникалық туннельдердің дренаждау жүйелерінің, түрлері
(соңы)**

Гидротехникалық туннельдердің дренаж жүйелерінің тұрпаттары	Қолдану салсы	Жобалауға қойылатын негізгі талаптар
Туннель қаптамасына жүктемені азайту саңылауын (қысқа шпурлар) салу түріндегі дренаж	1 Туннельді пайдалану кезінде байқалған дымқыл дақтар мен су аққан жерлерде суды бұруға ұйымдастырылған топырақ сулары қысымынан туннель қаптамасын жеңілдету үшін 2 Босатқан кезде арынды туннельдердегі металл қаптауыштардың жүктемесін жеңілдету үшін 3 Аз өткізетін жартасты жыныстарда	Жынысты 50-60 см тереңдігіндегі қаптамаға бұрғыланатын саңылау түрінде орындалады, Металл қаптауышы болса жүктемені азайту тесіктері қаптама бетонынына бірқатар тереңдікте бұрғыланады, содан соң қаптама қалыңды шегінде дәнеркерленеді.
Аралас дренаждар	Туннель трассасында дренаж жүйесінің әр түрлі тұрпаттарын қолдану шарттары әркелкі болғанда (9.2.2 қараңыз)	Геологиялық, гидрогеологиялық жағдайына, сонымен қатар туннельдің конструктивтік ерекшеліктеріне байланысты құрғату жүйесінің сәйкес тұрпаты қолданылады.

9.2.8 Гидротехникалық туннельдер ішіндегі құрғатылған суды шығаруға келесі шарттар сақталғанда жол беріледі:

- туннельдегі ішкі қысым топырақ суларының ең төменгі қысымынан аспайды;
- туннель ішінде тасымалданатын су тау жыныстарын сілтісіздендірудің зиянды өнімдерімен ластау қаупі жок;
- туннельдегі су жылдамдығы мен су шығаратын конструкция кавитацияның туындау мүмкіндігін болдырмайды;
- ағыстың пульсациялық қысымын дренажға) жіберу оларға ешқандай қауіп төндірмейді;
- туннельде судың қатуы дренаж жұмысының бұзылуына әкелмейді.

9.2.9 Суды күндізгі бетке тойтаруды құрғату құрылысы ауданында судың сіңуі мүмкін емес жерге жүзеге асыру қажет.

Құрылыс кезеңіне жасалған қосалқы қазбалар болған жағдайда оларды топырақ суын тойтару үшін пайдалану мүмкіндігін қарастыру қажет.

9.2.10 Кәріз суын төмен жатқан қабаттарға жіберуге жол беріледі, егер ол қабаттардың су сіңіру қабілеті жеткілікті болса, және қосымша су сіңіру теріс нәтижелер туындатпайтын болса (мысалы, жер асты суларының ластануы, уақыт өте келе жерасты суының көтерілуі).

9.2.11 Тойтарылған судың өз бетімен ағуын немесе төмен жатқан қабаттарға жіберуді қамтамасыз ету мүмкін болмаса дренаждалған суды сорғылармен айдау.

9.2.12 Құрғату және су қайтарғыш қазбалардың бойлық пішінді суы олардың бойымен рельефтің төмен жерлеріне өз ағысымен ағатындай етіп есептеу қажет.

9.2.13 Су бұрғыш (дренаждау) туннельдердің порталдарында қақпалы (ағашты) қоршау және (қажетті жағдайларда) осы туннельдерді пайдалануға және табиғи қадағалау жүргізуге қажетті құрал-жабдық сақтайтын жай қарастырған дұрыс.

9.3 Гидротехникалық туннельдерде цементтеу

9.3.1 Гидротехникалық туннельдерде цементтеу келесі мақсаттарда жүргізіледі:

- берілген енгізілетін тереңдік аймағындағы туннель маңындағы тау жыныстарын сүзілуге қарсы тығыздау үшін (сүзілуге қарсы цементтеу);

- туннель қаптамасына жер асты суларының гидростатикалық қысымын төмендету және туннельді қоршаған жыныстарды қаптау арқылы судың сүзіліп жоғалуын азайту мақсатында;

- туннель маңындағы белгілі бір аймақта жоғары инъекциялық қысымды қолдану жолымен жыныстарға алдын ала қысым жасау мақсатында;

- жыныстарда еритін минералдар (гипс, ангидрит, тас тұзы және т.б.) болған жағдайда жыныстарды немесе еруге бейім, мысалы, әктас, аргиллиттер, балшықты сланецтер сияқты жыныстар болғанда оларды химиялық және механикалық суффозиядан сақтау мақсатында.

Туннельдің маңында орналасқан сүзілуге қарсы шымылдық көмегімен туннельге топырақ суларының қозғалу жолын толығымен бөгеуге болады.

9.3.2 Сүзілуге қарсы шымылдықты жобалағанда депрессионды беттің ең үлкен төмендеуін шымылдық пен дренаждаудың бірлескен әрекетінің нәтижесінде алуға болады. Бұл ретте дренаж қорғалған туннель маңында немесе туннель мен шымылдық арасында орналасуы тиіс.

9.3.3 Құрғату жүйесімен жабдықталған гидротехникалық туннельдерде цементтеуге арналған ұңғымалар (егер соңғы құрғау жүйесінен кейін орындалған болса) цементтеу үдерісінде дренаждың бітеліп қалуына жол берілмейтіндей немесе дренажды цементпен бітелуден қорғайтын қосалқы қорғаныстар қарастырылатындай болып есептелуі тиіс. Цементтеу үдерісінде дренажды жууға кеңес беріледі, егер бұған дренаж бен туннельдің конструкциялары жарайтын болса.

9.3.4 Сүзілуге қарсы цементтеу бойынша жұмыстарды туннельге арын жібергенге дейін орындау қажет.

9.3.5 Сүзілуге қарсы цементтеу бойынша жұмыстарды орындағанда сықау қысымы цементтеу жұмыстарын жүргізген кезде байқалған топырақ суларының қысымын арттыра отырып, тағайындалуы тиіс.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

9.3.6 Сүзілуге қарсы цементтеу аймағындағы арынның жол берілетін орташа градиентін $J_{дон}$ осы аймақтағы арынның ауытқуына H , оның үлестік су сіңіргіштігімен q сипатталатын су өткізгіштігіне (және оған сәйкесетін сүзілу коэффициентіне k) байланысты 4 кестеде келтірілген мәннен аспайтындай етіп қабылдау қажет.

Ескертпелер

1. 4 кестенің деректері жартастық жыныстардағы цемент ерітінділеріне қатысты.
2 «Сүзілуге қарсы цементтеу аймағы» термині цементтеу аймағындағы жобалық сұлба шегіндегі цементтелетін жыныстың көлемін білдіреді.

3 Арынның орташа градиенті дегеніміз сүзілуге қарсы цементтеу аймағындағы қарынның жоғалуының осы аймақтың қалыңдығына қатынасы болады.

4 Туннель маңындағы тұйық цементтеудегі цементтеу аймағының ішкі контурына түсетін қысымның ең жоғарғы градиентін $J_{дон}$ орташа градиенттен екі есе көп деп қабылдауға рұсат етіледі. Ең жоғарғы градиент келесі формуламен анықталады:

$$J_{\max} = \frac{H}{r} / \ln \frac{R}{r}, \quad (1)$$

мұндағы R, r - сәйкесінше цементтеудің ішкі және сыртқы контураның радиустары.

4 -кесте – Сүзілуге қарсы цементтеу аймағындағы $J_{дон}$ арынның жол берілетін орташа градиенті

Н, м	Үлестік су сіңіргіштігі q , л/мин·м ² келесі шамалардан аспайтын цементтеу аймағының тығыздығын (су өткізбеуін) қамтамасыз еткенде	Сүзу коэффициенті k , м/тәу, артық болмағанда	жол берілетін орташа градиент $J_{дон}$
30 аз	0,05	0,05	10
30-дан 100-ге дейін	0,03	0,03	15
30-дан артық	0,01	0,01	20

9.3.7 Егер цементтеуге топырақ суларының агрессивті әсерінен қаптаманы қорғау немесе ертитін жыныстарда сүзілуден қорғау талабы қойылатын болса, үлестік су сіңіргіштігі 0,01 л/мин·м² артық болмауы тиіс.

10 ЖҮКТЕМЕЛЕР, ӘСЕРЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҮЙЛЕСУІ

10.1 Жүктемелер мен әсерлер және олардың үйлесуі ҚНЖЕ 2.01.07, ҚР ҚН 3.04-01, ҚР ҚНЖЕ 3.04-40 талаптарына сәйкес қабылданады.

Гидротехникалық туннельдерге сейсмикалық әсерді есептегенде ҚР ҚНЖЕ II -7, ҚР ҚНЖЕ 2.03-30 талаптарын ескеру керек.

10.2 Тұрақты жүктемелер мен әсерлерге жатқызады:

- тау қысымы;
- қаптама салмағы;
- алдын ала кернеу әсері.

10.3 Уақытша ұзақ жүктемеге жатқызады:

- су қоймасындағы судың қалыпты тіректі деңгейіндегі туннельдегі судың ішкі қысымы;

- жерасты суларының қысымы.

10.4 Қысқа уақытты жүктемелер мен әсерлерге жатқызады:

- су ағысы қысымының пульсациялық бөлігін;

- туннельді қалыпты пайдаланғандағы гидравликалық соққыдан пайда болатын судың ішкі қысымы;

- температуралық климаттық әсерлер;

- цементтеудегі қаптамаға түсетін езінді қысымы;

- жұмыс өндірісі кезіндегі механизмдерден түсетін қысым.

10.5 Ерекше жүктемелер мен әсерлерге жатқызады:

- сейсмикалық және жарылыс әсерлері;

- су қоймасындағы үдемелі тіректі деңгейдегі немесе жүктемені толық кетірген кездегі гидравликалық соққы әсерінен болатын туннельдегі судың ішкі қысымы;

- температураның өзгеруі, бетонның қабаруы және отыруы, топырақтың сырғуы салдарынан туындайтын күштер;

- цементтеу кезіндегі болат қабыққа түсетін езінді қысымы;

- жаңа төселген бетоннан болат қабыққа түсетін қысым;

- гидравликалық сынақ қысымы (болат қаптамалар үшін).

10.6 Гидротехникалық туннельдерді ҚР ҚН 3.04-06 сәйкес жүктемелер мен әсерлердің негізгі және ерекше үйлесуіне есептеу керек.

Жүктемелер мен әсерлердің негізгі үйлесуіне тұрақты және уақытша жүктемелер мен әсерлер кіреді.

Ерекше үйлесуге тұрақты, уақытша (ұзақ және қысқа уақытты) және ерекше әсерлер мен жүктемелердің бір түрі кіреді.

Ерекше үйлесуге жасалған есептеулерде ескерілген ерекше жүктемелер құрамы жобаланатын туннель конструкциясының ерекшелігіне, сонымен бірге оның құрылысы мен пайдалануына түсетін күшке байланысты анықталады.

Жүктемелер мен әсерлердің үйлесуіне тек бірізгілікте әрекет ететін қысқа мерзімді жүктемелер мен әсерлер ғана кіруі тиіс.

10.7 Жүктемелер мен әсерлерді ең жайсыз, бірақ ықтимал үйлесімдікте құрылыс, пайдалану және жөндеу кезеңдері үшін жеке қабылдау қажет.

10.8 Туннельдер қаптамасының мықтылығы мен беріктігін (бірінші топтың шектеулі жағдайы) есептегенде γ_f жүктемесі бойынша сенімділік коэффициентін 5 кесте бойынша қабылдау қажет.

Екінші топтың шектеулі жағдайы бойынша есептеулер жүргізгенде жүктемеге сенімділік коэффициенті 1-ге тең деп қабылданады.

5-кесте – Жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті

Жүктемелер және әсерлер	Жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті γ_f
Тік тау қысымы:	
Күмбез түзгенде топырақ салмағынан	1,5
Туннель үстіндегі топырақтың бүкіл қалыңдығының салмағынан немесе бұзылған аймақ салмағынан	1,1 (0,9)
Көлденең тау қысымы	1,2 (0,8)
Барлық қаптамалар	1,2 (0,9)
Судың ішкі қысымы (гидравликалық соққы ескерілген)	1,0
Қысым:	
Су ағысының соққысы (пульсация)	1,2
жерасты суларының	1,1 (0,9)
цементтегендегі езіндінің	1,2 (1,0)
механизмдердің	1,2
Ескертпе – Жақша ішінде көрсетілген жүктеме бойынша сенімділік коэффициентінің мәні коэффициенттің кіші мәнін қолдану туннель қаптамасына түсетін жүктің пайдасыз жағдайына жататын жағдайларға қатысты	

10.9 Тау қысымының мәнін анықтау, сонымен қатар топырақ сілемінің табиғи кернеулі жағдайын анықтау 10.10-10.17 тармақтарына сәйкес және ұқсас инженерлік-геологиялық жағдайдағы туннель құрылысы мен пайдалану тәжірибесі негізінде орындалады.

Тау қысымын геофизикалық өлшемдермен анықталған бұзылған аймақ топырағының салмағынан түскен қысымға тең етіп қабылдауға жол беріледі.

I класты арынсыз туннельдер үшін және I мен II класты арынды туннельдер үшін тау қысымының мәні ұқсас инженерлік-геологиялық жағдайларға ие учаскелерде нақты табиғи зерттеулер негізіндегі жұмысшы құжаттамалар жасау сатысында нақтыландырылуы тиіс.

10.10 Қазба төбесінен опырылу күмбезінің екі еселенген биіктігінен үлкен күндізгі бетке дейінгі топырақтардағы нормативті тік қысым $f < 4$ құрау күмбезімен шектелген көлемдегі топырақ салмағы түсірген қысымға тең деп қабылдау қажет. Туннельдің тереңдігі аз болғанда тау қысымы оның үстіндегі топырақтың бүкіл қалыңдығының қысымына тең шамада қабылданады.

10.11 Бекемдік коэффициенті $f < 4$ болатын топырақтарда күмбез түзілгенде нормативті тік тау қысымы g_{qzn} , кН/м², төмендегі формуламен анықталады:

$$g_{qzn} = \beta \rho g h_q, \quad (2)$$

мұндағы, β – қазба аралығы байланысты b келесілерге тең болғандағы қабылданатын коэффициент: $0,7 - b \leq 5,5$ м; $1,0 - b \geq 7,5$ м; $0,7$ мен $1,0$ арасындағы интерполциямен $5,5 < b < 7,5$ м болған жағдайда;

ρ – топырақтың тығыздығы, т/м³;

$g = 9,81 \approx 10$ м/с²;

h_q – опырылу күмбезінің биіктігі, м; келесі формула бойынша анықталады;

$$h_q = \frac{b_q}{2f}; \quad (3)$$

b_q – опырылу күмбезінің ойындысы, м; келесі формуламен анықталады:

$$b_q = b + 2htg\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right); \quad (4)$$

h – қазба биіктігі, м;

φ – ішкі үйкелістің мөлшерлі бұрышы ($\varphi = \arctg f$).

Тік тау қысымының таралуы қаптама аралығына тең деп қабылданады.

10.12 $f \geq 4$ болған топырақтардағы нормативті тік тау қысымын g_{qzn} , кН/м², табиғи зерттеулер деректері бойынша анықталған бұзылған аймақ көлеміндегі топырақ қысымына тең деп қабалдау қажет, ал олар жоқ болғанда келесі формуламен анықталады:

$$g_{qzn} = \beta \rho g h_{q1}, \quad (5)$$

мұндағы, $h_{q1} = k_a b$ – бұзылған аймақтың тереңдігі, м;

k_a – жыныстың жарылуына байланысты 6 кесте бойынша қабылданатын коэффициент.

6-кесте – жыныстың жарылуына байланысты k_a коэффициентінің мәні

Топырақтың бекемдік коэффициенті f	Жыныстардағы k_a коэффициенті		
	әлсіз жарылған	орташа жарылған	қатты жарылған
4	0,2	0,25	0,3
5-тен 8-ге дейін	0,1	0,2	0,25
10 және одан артық	0,05	0,1	0,15

Қаптама аралығы бойынша тау қысымының тігінен таралуы қабатталу, жарықшақтар жүйесі және топарық сілемінің басқа ерекшеліктері бойынша қабылданады.

Бұзылған аймақтың тереңдігі 1,5 м артық болғанда нормативті тік тау қысымының g_{qzn} 20% азайту қажет.

Комбайнмен үңгігенде k_a мәнін 30%-ға азайтуға жол беріледі.

10.13 Нормативті көлденең тау қысымы g_{qzn} , кН/м², анықталады:

$f < 4$ болатын күмбез түзетін топырақтарда келесі формула бойынша:

$$g_{qzn} = \rho g (h_q + 0,5h) tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (6)$$

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

$f < 4$ болатын топырақтарда төбенің тереңдеуі бұзылу күмбезінің екі еселенген биіктігінен төмен болса h_q сандық мәнін қазба төбесінен күндізгі бетке дейінгі қашықтыққа ауыстыра отырып, (6) формула бойынша.

Көлденең тау қысымының таралуы қаптама биіктігіне тең болуы тиіс.

10.14 Әлсіз және орташа жарылған $f \geq 4$ болатын топырақтарда туннель биіктігі 6 м кем болғанда нормативті көлденең тау қысымын ескермеуге жол беріледі, ал биіктігі 6 метрден артық болғанда – жарықтар арқылы бөлініп қалған жекелеген жартас блоктардың шектеулі тепе-теңдігі жағдайынан анықтайды.

Қатты жарылған $f \geq 4$ болатын топырақтарда нормативті көлденең тау қысымын келесі формула бойынша есептеуге жол беріледі:

$$g_{qzn} = 0,1 \rho g h. \quad (7)$$

10.15 Терең орналасатын қазбалар үшін (400 м жоғары) тау қысымын топырақтар мен басқа да айрықша құбылыстардың пластикалық жағдайын ескере отырып анықтау қажет.

Қажетті деректер жоқ болған жағдайда терең орналасатын қазбаларды жобалаудың бастапқы сатысында ұқсас тау қысымын инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлардағы туннельдер құрылысы тәжірибесі негізінде анықтайды.

10.16 Бекемдігі $f < 4$ болатын туннель конструкциясына барынша тек қысым түсіретін балшықты және басқа әлсіз топырақтарда орналасқан терең қазбаларда қаптамаға түсетін жүктемені уақытша бекіткішті орнатқанға дейін топырақтардың күтілетін араласуын және бұл бекіткіштің ҚР ЕЖ 2.03-106 талаптарына сәйкес жұмсақтығын, сонымен қатар, қаптаманың өзінің жұмсақтығын ескере отырып, анықтау қажет.

10.17 Қаптаманы есептегенде тау қысымын пайдалану шарттарын ескере отырып, топырақтың сипаттамалары (суға қаныққан жағдайдағы топырақ сілемдерінің қасиетін өзгертуі) бойынша анықтау қажет.

10.18 Су өткізетін топырақтарда орналасқан қысымды туннельдердің қаптамасын есептегенде судың ішкі қысымынан болатын жүктеме мен жерасты суының сыртқы қысымын бір үйлесімділікке енгізуге жол берілмейді. Тек сирек жағдайларда ғана, барлық ықтимал пайдалану жағдайларында (апаттық жағдаймен қоса) қаптамаға тікелей түсетін судың сыртқы қысымының жан-жаққа біртегіс таралатынына кепілдік болғанда жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті 1-ге тең болатын жер асты суларының сыртқы қысымының ең төменгі мәнін ішкі қысыммен бір сәйкестікке енгізуге жол беріледі.

10.19 Жер асты суларының қысымын су қоймасындағы су деңгейі тұрақтанғанда осы мақсатта қарастырылған дренаждау құрылғыларының және цементтелген шымылдықтардың көмегімен жер асты суларының қысымын төмендетуді есепке ала отырып, анықтайды.

10.20 Көп жылғы тондарда орналасқан гидротехникалық туннельдерді жобалағанда топырақтың емпературалық режимі өзгерісінің олардың салмақ көтеру қабілетіне әсерін, сонымен қатар топырақтардың сыртқы жүктемелерге төзімділігі мен қарсыластығын ескеру қажет.

11 ҚАПТАМАНЫ ЕСЕПТЕУ БОЙЫНША НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕР

11.1. Гидротехникалық туннельдер қаптамасы ҚР ҚН 3.04-01 сәйкес шектеулі жағдай әдісімен былай саналады:

- А қосымшасына сәйкес беріктігі және қажет болғанда конструкция формасының тұрақтылығын тексере отырып, салмақ көтеру қабілеті бойынша (бірінші топтың шектеулі жағдайы).

- жарық пайда болуы бойынша (жарылуға төзімділігі), егер жарық түсуге жол берілмейтін болса, немесе жарықтардың ашылуы бойынша, егер оларды ашуға туннель қаптамасының ұзақ уақытқа жарамдылық, топырақ сілемдерінің сақталу шарты бойынша жол берілетін болса, сонымен қатар, Б мен В қосымшаларына сәйкес туннельден судың флотациялық шығындалу мәні бойынша (екінші топтық шектеулі жағдайы).

11.2 Бірінші және екінші топтардың шектеулі жағдайлары бойынша қаптама қимасын ҚНЖЕ 2.06.08 бен ҚР ҚНЖЕ 5.04-23 сәйкес есептеу қажет.

11.3 Туннель қаптамасының қимасын есептегенде келесі коэффициенттер енгізіледі:

- ҚР ҚН 3.04-01 сәйкес қабылданатын құрылыстың арналымы γ_n және жүктемелер сәйкестігі γ_c , бойынша сенімділік коэффициенті;

- 7 кесте бойынша бетон, темірбетон және болаттемірбетон қаптамалар үшін қабылданатын жұмыс жағдайының коэффициенті γ_c , 8 кесте бойынша болат қаптамалар үшін.

7-кесте – Бетон, темірбетон және болаттемірбетон қаптамалар үшін қабылданатын жұмыс жағдайының коэффициенті γ_c

Қаптамалар	Шектеулі жағдай бойынша санағандағы жұмыс жағдайының коэффициенті γ_c	
	первой группы	второй группы
Бетон (оның ішінде шашарымаы бетон және престттелген бетон)	1,0	0,9 (0,75)
Темірбетон (оның ішінде кернеулі, арматураланған шашырама бетоннан және темір торкретті)	1,1	1,3 (1,15)
Болаттемірбетон (ішкі қысымға есептегенде)	0,9	—
Ескертпе Жақша ішінде көрсетілген коэффициенттер мәнін үлестік тойтарыс коэффициентінде $K_0 < 2000 \text{ Н/см}^3$ (200 кгс/см^3), суффозияға, сілтісізденуге ұшырайтын, сонымен қатар, су-ортасы гидрокарбонатты сілтіленген топырақтарда 25 мг-экв/л кем деп қабылдау қажет.		

11.4 Қаптамаларды салмақ көтеру қабілеті бойынша есептеуді қаптама материалының есептеу сипаттамаларын қолдана отырып, ықтимал барынша жайсыз негізгі және ерекше сәйкесулерде орындаған дұрыс.

11.5 Жарықтардың пайда болуы мен ашылуы бойынша қаптаманы есептеу қаптама материалының нормативтік белгілерін қолдана отырып, гидравликалық соққыны есептеместен негізгі нормативтік жүктемелерде жүзеге асырылуы тиіс.

8-кесте - болат қаптамалар үшін жұмыс жағдайы коэффициенті γ_c

Қысым	Болат қаптамалар учаскелері	Жүктемелер сәйкесуіндегі жұмыс жағдайы коэффициенті γ_c	
		Негізгі	ерекше
Ішкі	Тура	0,75 (0,9)	1,0 (1,1)
	Фасонды элементтер (буындар мен бұтақтар)	0,65 (0,75)	0,8 (0,9)
Сыртқы	Барлық учаскелер	0,75	0,9
Ескертпелер 1 Жақшада көрсетілген γ_c коэффициентінің мәні қабылдануы тиіс: а) сыртқы монолитті темірбетонды (болаттемірбетонды) аралас қаптама үшін; б) келесі шарттарды бірізгілікте орындай отырып, сыртқы монолитті бетонды аралас қаптамалар үшін: $p_{wi} \leq 0,15 \cdot 10^{-2} K_0; \quad p_{wi} \leq 10^{-3} \rho g h_{qz} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha),$ мұндағы, p_{wi} – қысымды туннельдегі судың ішкі қысымы, МПа; h_{qz} – туннель білігінен жер бетіне дейінгі ең қысқа қашықтық, м; $\mu = 0,7$ – топырақ бойынша топырақтың үйкеліс коэффициенті; α – жер бетіне нормаль мен көкжиек арасындағы бұрыш, град; K_0 – топырақтың үлестік тойтарыс коэффициенті, Н/см³, 11.13 бойынша анықталады; в) ішкі қысымға есептегенде, егер топырақ тойтарысы ескерілмейтін болса. 2 γ_c коэффициентін осы кесте бойынша пайдаланғанда жүктемелердің сәйкесу коэффициентін γ_{lc} 1-ге тең деп алу қажет.			

11.6 Барлық тұрпаттағы гидротехникалық туннельдер қаптамасын есептеуді (аралас қаптамалардың фасонды бөлігімен қоса) топырақ тойтарысын ескере отырып, орындайды. Ерекшелікке туннельдер әлсіз тұрақсыз топырақтарда орналасқанда жол беріледі. Туннельдер туннель қаптамасына топырақтан түсетін қысым күмбезі жабынының үстіндегі үш диаметрден (ойындының) кем емес тереңдікте орналасқанда туннель үстіндегі топырақтың бүкіл салмағынан түсетін қысымнан аспауы тиіс.

11.7 Гидротехникалық туннельдер қаптамасын есептеу құрылыс механикасы әдісімен, сонымен қатар, біртұтас орта механикасы әдісімен орындалуы мүмкін. Соңғы жағдайда топырақ материалының негізінің күрделі геологиялық құрылысын, анизотропияны және түзулік емес қасиетін ескеруге жол ашатын белгілі сандық әдістерді пайдалану қажет.

Есептеуді жүктемінің әр үйлесіміне 10.4 пен 10.5-ке сәйкес орындау керек. Жиынтық эпюраны алу үшін жекелеген жүктемелерден түсетін күштерді бір-біріне қосуға жол берілмейді.

11.8 Арынсыз туннельдердің бетон қаптамасын қаптамада пластик топсалардың пайда болуын болжаудағы беріктікке есептеу және екінші топтың шектеулі жағдайы бойынша жарылуға төзімділігін тексеру қажет.

11.9 Екінші топтың шектеулі жағдайы бойынша қаптаманы есептегенде I және II кластардың арынды және арынсыз туннельдерінің қаптамасының жарықшақтарын ашу ені 9 кесте бойынша қабылданады.

11.10 Қаптамадағы қысым градиенті J_H топырақтың суды сүзу коэффициенті k -ге байланысты қабылданады.

$$J_H = 1 \quad k \leq 10^{-4} \text{ см/с болғанда;} \quad (8)$$

$$J_H = \frac{H_i - H_{e1}}{h_k} \quad k \geq 10^{-2} \text{ см/с болғанда,} \quad (9)$$

мұндағы, H_i – судың ішкі қысымы, м;

H_{e1} – жерасты суының қысымы, м;

h_k – қаптама қалыңдығы, м.

$10^{-4} < k < 10^{-2}$ интервалында J_H мәні интерполяция бойынша анықталады.

9-кесте - Қаптама жарықтарын ашудың шектеулі ені

Қаптамадағы су қысымының градиенті J_H	Қаптама жарықтарын ашудың шектеулі ені, мм, келесі шарттардан					
	Су-ортаның гидрокарбонатты сілтілгіндегі бетонның ұзақ төзімділігі, мг·экв/л			Cl' және SO_4'' , мг/л иондарының жиынтық концентрациясындағы арматураның сақталуы		
	0,25	1	2 и более	до 100	200	400–1000
Қысымды туннельдер мен жер асты сулары болғандағы қысымсыз туннельдің суға батпайтын бөлігі						
5	0,1	0,18	0,35	0,4	0,35	0,3
50	0,07	0,15	0,32	0,4	0,35	0,3
300	0,05	0,12	0,23	0,3	0,25	0,2
Жер асты сулары болмағандағы қысымсыз туннель қаптамасының суға батпайтын бөлігі						
—	Шектелмейді			0,2	0,15	0,1
Ескертпелер 1 Қаптамадағы бетон мен арматураның ұзақ төзімділігін анықтайтын су-орта болып табылады: $H_i > H_{e1}$ болғанда – туннель ішіндегі су; $H_i < H_{e1}$ - болғанда жерасты суы. 2 III, IV класты туннельдер үшін жарықтарды ашудың шектеулі мәнін кестеде келтірілгенге қарағанда 1,3, 1,6 және 2 есе үлкен етіп қабылдау қажет, бірік 0,5 мм/ден артық емес.						

11.11 Бетонның ұзақ төзімділігі мен арматураның сақталуы шарты бойынша арынсыз туннель қаптамасының суға бататын бөлігі үшін жарықты ашу ені шектелмейді.

11.12 Қаптаманың статикалық есептелуін жарықшақ түзілу және пластикалық деформацияны ескере отырып, орындау қажет:

- арынсыз туннельдердің және босаған арынды туннельдердің қаптамасы бірінші және екінші топтың шектеулі жағдайы бойынша конструкциядағы бетонның серпімділік модулі $E_k = 0,7E_b$; болғандағы бетон қимасының қаттылығын ескере отырып, есептеледі.

- арынды туннельдердің бірінші топтың шектеулі жағдайы бойынша эксплуатациялық жүктемеге қаптамасы арматура қимасының қаттылығын $E_k = E_a$ ескере отырып, есептеледі.

Екінші топтың шектеулі жағдайы бойынша қысымды туннельдердің қаптамасын келесіде тәртіпте санайды:

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

- жарылуға төзімсіз - арматура қимасының қаттылығын $E_k = E_a$ ескере отырып;
- жарылуға төзімді - арматура қимасының қаттылығын $E_k = 0,7E_b$ ескере отырып.

11.13 Туннельдер қаптамаларын есептеуді олардың топырақ сілемдерімен өзара әрекетін ескере отырып, орындау қажет. Топырақтың деформациялық қасиеті үлестік тойтару коэффициентімен K_0 немесе келтірілген топырақ деформациясының (тиімді) модулімен E_q және Пуассон коэффициентімен ν сипатталады. Келтірілген топырақ деформациясын табиғи және техногендік себептерден топырақ қасиетінің әркелкілігін ескере отырып, анықтау қажет (топырақты цементтеу арқылы немесе басқа әдістермен бекіту, үңгу салдарынан бұзылған аймақтардың пайда болуы және т.б.). Топырақтардың сипаттамаларының мәндері табиғи зерттеулер негізінде суға қаныққан жағдайдағы қасиетін ескере отырып анықталады.

Біртектес изотропты туннельдерде орналасқан дөңгелек сұлбалы қысымды туннельдер үшін топырақ деформациясының модулін E_q келесі формуламен анықтауға жол беріледі

$$E_q = K_0(1 + \nu), \quad (10)$$

мұндағы, $K_0 = K r_e$ топырақтың үлестік тойтару коэффициенті;

K – топырақтың тойтару коэффициенті;

r_e – қаптаманың сыртқы радиусы, см.

Әр бағыттағы деформация модулі 1,4-тен асатын қатынастағы анизотропты топырақтарда орналасқан туннельдер үшін есептеулерді анизотропияны ескеріп орындау қажет.

11.14 I мен II кластардың туннельдері үшін топырақтардың деформациялық сипаттарын K_0 немесе E_q арынды табиғи зерттеулер деректері бойынша инженерлік-геологиялық учаскелерде анықтау керек, бұл ретте аталған зерттеу қазба әдісімен орталық жүктелу (ОЖО-УЦН) және цилиндрлік гидравликалық мөртабан (ОГМ-ЦГШ), сонымен бірге сейсмоакустикалық және прессиометриялық әдістермен астасқан мөртабандарды орнату көмегімен орындалады.

III және IV класты туннельдер үшін сейсмоакустикалық және прессиометриялық әдістермен табиғи зерттеулер қарастыру қажет. Сонымен қатар, ұқсас инженерлік-геологиялық жағдайларда туннельдерді үңгуде анықталған топырақтардың физикалық-механикалық сипаттамаларының мәндерін пайдалануға жол беріледі.

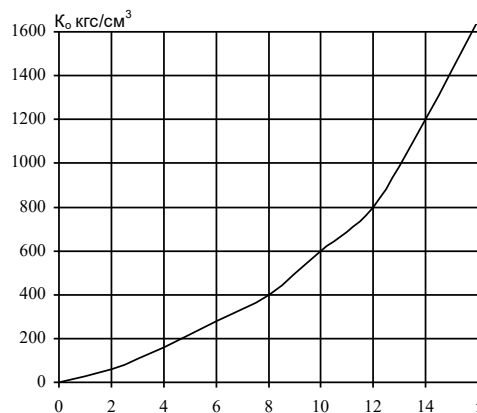
11.15 Көп жылғы тоңдарда орналасатын гидротехникалық туннельдерді жобалау үшін үшін қатқан және еріген күйдегі топырақтардың физикалық-механикалық сипаттамаларының мәндерін анықтау қажет.

11.16 Топырақтың үлестік тойтару коэффициенті K_0 мәнін алдын ала есептеу үшін әлсіз жарықшақтанған топырақ үшін 2 сурет бойынша және ұқсас жағдайлар бойынша анықтауға жол беріледі.

Ескертпе – $f \leq 10$ болатын әлсіз жарықшақтанған топырақтардаа, сонымен қатар туннельді комбайнмен үңгігенде 2 сурет бойынша алынған K_0 мәнін 30%-ға арттыру қажет.

11.17 Туннельдер қаптамаларын есептегенде туннельді үңгігенде орнатылатын бекіткіштің қаптамамен бірлескен жұмысын ескеру қажет.

11.18 Туннель қаптамасының және топырақ сілемінің есептеу схемасын тағайындағында топырақты қазу мен қаптама элементтерін көтеру ретін ескеру керек.



2 сурет – Жарақшақты грунттар үшін K_0 коэффициентінің топырақтың бекемдік коэффициентіне f тәуелділік графигі

11.19 Бірнеше туннель қатарынан орналасқанда қаптаманың беріктігін есептегенде кернеулі жағдай өзгерісін және көрші туннельдерді үңгуден туындайтын топырақ сілемінің мықтылық қасиеттерінің өзгерісін ескеру қажет.

11.20 Туннельдердің бетон және темірбетон қаптамаларының температуралық әсерге есептелуін бетонның қабаруы мен сырғымалылығын ескере отырып, 30°C артық температураның есептік айырмашылығы жағдайында орындау қажет.

11.21 Арынды және арынсыз туннельдер қаптамасын есептегенде бетондау жіктеріндегі және бетондау жіктері арасындағы қиықтардағы судың қысымға қарсылығы ескерілмейді.

Құрғақ және суға қаныққан, сүзу коэффициенті $K_{\phi} \leq 10^{-3}$ см/с болатын су өтетін топырақтарда және туннельдегі судың ішкі қысымынан аспайтын жер асты суының қысымында жарыққа төзімсіз қаптаманың жерасты суының қысымға қарсылық мәнін P келесі формуламен анықтауға жол беріледі:

$$P = (H_i - J_H h_k) \gamma_f, \quad (11)$$

мұндағы, J_H - 11.10 бойынша анықталатын қаптамадағы қысым градиенті;

h_k - қаптаманың қалыңдығы;

γ_f - 0,9-ға тең деп қабалданатын жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті.

11.22 Қатыстырылатын және өлшенген сорғылар ықпалына ұшыраған туннель қабырғалары және ұяшықтардың қалыңдығын үйкелу мүмкіндігін ескерумен тағайындаған жөн.

11.23 Жоғары арынды су жинау туннельдерін және бекітпе камераларын жобалауда жоғары жылдамдықты ағыстың ағуымен байланысты келесі есептеулерді жүргізу қажет:

- құрылыстың кавитациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша;

- құрылымдар және бекітпелер элементтерінің ағысымен ағудағы кавитацияны дамыту дәрежесін, орташаланған гидродинамикалық жүктеме, стационарлық және стационарлық емес жүктемелер мәнімен сипатталатын жүктемелерді анықтау бойынша;

- құрылым элементтерінің динамикалық кернеулерін бағалау бойынша;

- төзімділікке бекітпелер және бекітпелік камерлардың болат бекітпелері.

11.24 Дөңгелек көлденең қимасы бар арындық туннельдерде ішкі қысымның бойлық тойтарыс коэффициентіне қатынасында, $P/K_0 \leq 1/7$ ішкі қысымның әрекетіне беріктігіне есептеуді жүргізбеуге болады, себебі ол топырақпен туннельдің тереңдеу жеткіліктілігі талаптарын сақтағанда ғана толығымен қабылданады.

11.25 Туннельдік қаптама және топырақ арасындағы үйкеліс және тіркелу күшін топырақпен қаптама арасында сенімді байланысты қамтамасыз ететін іс-шаралар көзделеді. Бұл ретте топыраққа берілетін кернеулер топырақ үшін кернеуді шектік жылжу кернеуінен аспауы тиіс.

Жарылулардың баяулаған жүйелері, жартылай тасты және тасты ауқымдарда орналасқан туннельдерді есептеулерді ереже бойынша уақыт факторын ескерумен сызықтық емес физикалық модельдер базасында уақыт факторын ескерумен жүргізген жөн (топырақтардың реологиялық қасиеттері). І сыныпты қимасы 60 м^2 және одан да артық туннельдерді есептеулерде қаптама элементтерін тұрғызу және әзірлеуді жүргізу ретгілігімен туындаған топырақ ауқымының кернеулі-деформациялық жағдайын өзгерту туралы деректерді ескеру қажет.

Қаптаманың беріктікке есептеуде бірнеше туннельдердің жақын орналасуында көршілес туннельдердің өтуімен туындаған, топырақтық ауқымның беріктік және өзгеру қасиеттері, кернеу жағдайының өзгеруін ескеру қажет.

11.26 Туннель қаптамасын сейсмикалық ықпалға есептеуде құрылымның төзімділігін және жалпы беріктігін бұзбайтын және қаптаманың бөліктерінің бұзылуына әкелмейтін жергілікті қалдық деформациялардың туындау мүмкіндігіне әкеледі (жарылулар, сынулар, қисаюлар).

12 ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ БОЙЫНША ТАЛАПТАР

12.1 Табиғатты қорғау мәселелерін шешу қалған техникалық мәселелерді қарауда ескерілуі және туннельдер түрін таңдау және нысанды жобалаудың ерте кезеңдерінде басталуы тиіс. Табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеу мыналарды қамтуы тиіс: табиғи ортаның бастапқы жағдайын зерттеу, оның өзгертулерінің болжамдарын құрастыру, антропогендік араласудың мүмкін деңгейін орнату, қорғау шараларын әзірлеу, сондай-ақ туннельді пайдалану үдерісінде экологиялық жағдайды жақсарту және сақтау бойынша қосымша мүмкін іс-шаралар.

12.2 Гидротехникалық туннельдерді жобалауда мыналарды орындауда қоршаған ортаны қорғау бойынша арнайы іс-шараларды көздеу қажет:

- түбін тереңдету жұмыстары, үйінділерді құру және оны тасымалдау, топырақты алуды қамтиды;

- плотиналар, дамбалар, бөгеттер, тасты төсемдер, кері үйінділер және т.б. суға тасты және топырақты үйінділерді үю жолымен орналастыру;

- өнеркәсіптік кәсіпорының сұйық қалдықтары қоймаларының құрылыстарын қоршау құрылыстары;

- негіз топырақтарын тығыздау, соның ішінде жарылыс тәсілімен жүргізілетін;
- қоршаған ортаның көзі болып табылатын материалдарды пайдаланумен туннельдер құрылысы;

- жасанды мұздату жолымен немесе химиялық тәсілмен жүзеге асырылатын топырақтарды бекіту;

- су асты бетондауы және т.б.

12.3 Сүйеулік гидротехникалық туннельдер жобаларында іс-шаралар көзделуі тиіс:

- сұйық қалдықтар қоймалары және су қоймаларын дайындау бойынша;
- адам денсаулығы үшін қауіпті жануарлар және өсімдік дүниесін, қоршаған ортаның мүмкін ластану көздерін жою бойынша;

- су басқан өсімдікті және түсіңкі ағаштар, шымтезектенген көлшіктер және т.б. сапасына теріс ықпалдарды жою бойынша;

- жүзгіш ағаш салмақ және қоқысты алу және кәдеге жарату бойынша;

- зиянды қоспаларды шоғырландыруды төмендету және ластанудың мүмкін ошақтарын оқшауландыру бойынша.

Сұйық қалдықтар қоймаларынан филтрлеу суы және су қоймасының нормативтік сапасын қамтамасыз етуді көздеуі тиіс:

- гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша (химиялық элементтер және қосылыстар құрамы бойынша, рН көрсеткіші бойынша);

- гидробиологиялық көрсеткіштер бойынша (түстілігі бойынша, оттегіні биологиялық тұтыну бойынша);

- санитарлық көрсеткіштер бойынша.

Ластаушы заттардың шектік рұқсат етілетін концентрацияларын асыруда зиянды қоспалар концентрациясын төмендету және мүмкін ошақтарын оқшауландыру бойынша қосымша іс-шараларды ұйымдстыру қажет.

12.4 12.1-талаптарын орындау үшін бағалау және болжауды жүргізу қажет:

- гидрогеологиялық және геологиялық шарттарды өзгерту – деңгейлік режим, қуат көзі шарттары, жер асты суларының химиялануы, әсіресе минералданған, тұзданған топырақтар;

- сұйық қалдықтар қоймалары және су қоймасынан судың филтрлену шығындары;

- су қоймасын құру нәтижесінде табиғи жағдайды өзгерту;

- су қоймаларын қайта өңдеу және балдырлануы, төменгі бьефтар салаларын трансформациялау, арналық процесс барысын өзгерту;

- кептелісті-саңылаулы құбылыстарды күшейту, созылған далалардың түзілуі, құймалық және гидроаккумуляциялаушы электр станциялары бассейндері, бьефтеріндегі мұздық және термдік режимдердің өзгертулері (ГАЭС) (ПЭС);

- сейсмологиялық жағдайдың өзгеруі (соның ішінде әкелінген сейсмикалықпен туындаған – бәрінен бұрын жер сілкіністері жиілігі және қарқындылығы, олардың бөлінуі және т.б.;

- құрылыс ауданының ландшафтысының өзгеруі және оны қалпына келтіру;

- су арналары және су қоймаларының арналық, гидрафикалық, термдік және мұздық режимдерінің уылдырық шашу және балық өндірісінде өзгеру ықпалдары, құстардың ұя салуы, сүт қоректілердің өмір сүру ортасы және т.б.;

- негіздер жыныстарының қасиеттері және инженерлік-геологиялық процестеріне тұнбалар және жел режимдерінің және санының, ауа ылғалдылығын және гидро түйін-температуралық режимнің төменгі бьефі және су қоймаларын құру ауданындағы микроклимттық өзгертулерінің, сондай-ақ табиғи орта және әлеуметтік-демографиялық ортаға, инфрақұрылым нысандарына ықпалы;

- арналарда, су қоймасының жағлаарында, арындық туннелдердің негіздерінде және (ортасы) түйісулерінде аумақтың тоңдық-температуралық режимі – жыныстар температураларын арттыру және төмендету; алқаптың түбінде және борттарында гидротүйіннің төменгі бьефтерінде.

Ескертпе – Ерекше назарды басқа химиялық құрамы, басқа температураларға ие, жер асты сулары және су қоймасы арасындағы су алмасуды белсенділендіруді қамтамасыздандыратын су бөлу тоңдары немесе су қоймасынан судың сүзілу шығындарын шоғырландырудың жергілікті жолдарын шарттастыратын аралық су шығару тоңдарына ерекше назар аударған жөн, кейде минералданған, атап айтқанда теріс-температуралық тұздықтар.

13 ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫ ЕСКЕРТУ БОЙЫНША ТАЛАПТАР

13.1 Гидротехникалық туннелдерді жобалауда гидротехникалық туннелдерді пайдалану және құрылысы үдерісінде туындайтын, апатты жағдайлар және мүмкін қауіпті зақымдануларды дамытуды болдырмау бойынша апаттық-жөндеу жұмыстарын дамытуды болдырмау бойынша апаттық-жөндеу жұмыстарының сызбасы әзірленді.

13.2 Гидротүйінді жобалауда арынды фронтты туннелдерінің бұзылуы мүмкін сценарилерінің ықтимал су басу аймақтарының шекаралары және бұзу толқындарының параметрлерін анықтаған жөн.

13.3 Гидротүйіндер қаскадында орналасқан гидротүйін үшін жоғары орналасқан гидротүйіндерді бұзу нәтижесінде толқын бұзуы өткендегі оның арынды фронты туннелдерінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін іс-шараларды көздеген жөн.

13.4 Қоймаларды пайдаланудың әр түрлі кезеңдері үшін қоршау құрылыстарын мүмкін бұзу жағдайында және сұйық қалдықтар қоймаларының қалдықтарын кейінге қалдыру аймақтарын, бұзу толқынының параметрлерін анықтауы қажет.

Сұйық қалдықтардың қоймаларының орналасу орнын бұзу толқынының шығындарын және бұзылуы мүмкін кемітуді ескерумен тандаған жөн.

13.5 Бұрыннан бар және жаңадана жобаланатын гидротүйіндерде басып кету қауіптілігі туралы жедел хабарлауды қамтамасыз ететін төменгі бьефтарда су деңгейін катастрофиялық арттыру туралы хабарлама жүйесін және құралдарды орналастырған жөн.

13.6 Бұрыннан бар және қайта жобаланатын гидротүйіндерде мүмкін су басу аймағында орналасқан халық және шаруашылық тұлғаларының атқарушы билік органдарына арындық фронт басу қаупі туралы хабарлама жүйесі қажет.

13.7 Гидротехникалық туннелдерді жобалауда пайдалану және құрылыс кезеңдерінде туындауы мүмкін қауіпті мүмкін зақымданулар және апатты жағдайлардың дамуын болдырмау бойынша құрылымдық-технологиялық шешімдер көзделуі тиіс.

13.8 Гидротехникалық туннелдер жобаларында арындық фронтты бұзумен туннелдің ықтимал апатынан мүмкін әлеуметтік және материалдық шығындарды бағалау бойынша есептеулер орындалуы тиіс.

Қоршаған ортаға туннелдердің мүмкін апаттарының теріс ықпалдарын төмендету бойынша іс-шараларды көздеген жөн.

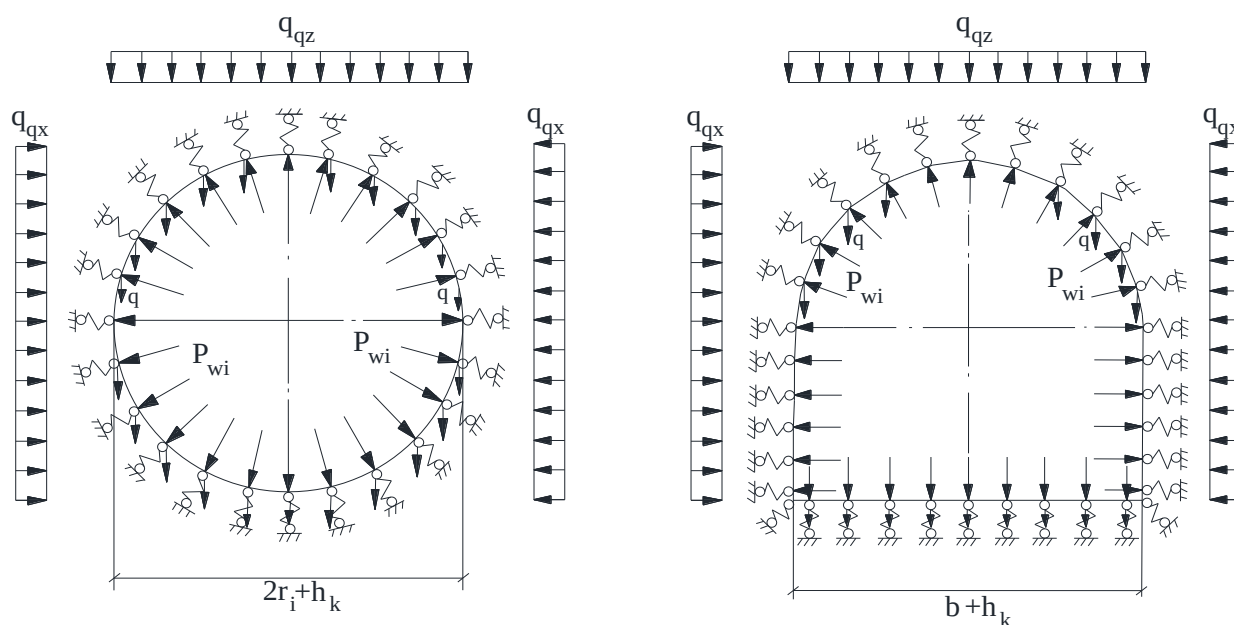
13.9 Гидротехникалық туннелдердің су арындық жобаларында арындық фронтты бұзу қаупі туралы, гидротехникалық туннелдің төменгі бьефтеріндегі өзеннің алқабында тұратын халық және жекелей хабарлаудың жергілікті жүйесін көздеген жөн.

А қосымшасы
(міндетті)

Алдын ала есептеулердегі бірінші топтың шектеулі жағдайы бойынша туннельдер қаптамасын есептеу

А.1 Еркін сұлбалы бетон және темірбетон қаптамасын есептеу

Есептеу схемасында, әдетте, жүктемелер, оның ішінде тау қысымы берілген, ал топырақ тойтарысы серпінді негіз реакциясы ретінде анықталады деп болжанады. Біржақты байланысқа ие серпінді ортадағы өзек жүйесі ретіндегі қаптаманың ықтимал қарапайым сызбасы А1 суретінде көрсетілген.



А.1 суреті - Туннельдер қаптамасының есептік сызбасы

Беріктікті есептеуді 10 тараудың талаптарына сәйкес есептік жүктемеге орындау қажет (жүктемелер бойынша сенімділік коэффициентін ескере отырып), қаттылық 11.12-ге сәйкес, топырақтың тойтару коэффициенті 11.13 және 11.16 сәйкес қабылданады.

Қаптама қимасын есептеуді және арматура қимасының қажетті ауданын A_s анықтауды ҚНЖЕ 2.06.08 бойынша жүргізу қажет.

А.2 Жобалаудың бастапқы сатысындағы дөңгелек сұлбалы қысымды туннельдердің болаттемірбетон, темір бетон, арматураланған шашыранды-бетон және темірторкретті қаптамасын есептеу

Жобалаудың бастапқы сатысында қысымды туннельдерді есептеу қима шегінде тұрақты болып табылатын тек ішкі қысымды ескеретін жуық формула бойынша орындалады.

Туннельдің 1 см ұзындығындағы жұмысшы арматура қимасының ауданы A_s , см²: келесі жағдай сақталған болса

$$h_{qz} \geq \frac{K_0 r_i \gamma_c R_{st}}{r_e \rho g E_s \gamma_n \gamma_{lc}}, \quad (A.1)$$

формуласымен анықталады

$$A_s = -\frac{\gamma_n \gamma_k p_{wi} r_i}{\gamma_c R_{st}} - \frac{A_{ss} R_y}{R_{st}} - \frac{K_0 r_i}{E_s}, \quad (A.2)$$

(A.1) жағдайы сақталмағанда келесі формула бойынша

$$A_s = -\frac{\gamma_n \gamma_k p_{wi} r_i}{\gamma_c R_{st}} - \frac{A_{ss} R_y}{R_{st}} - \frac{\rho g h_{qz} r_e}{100 \gamma_c R_{st}}, \quad (A.3)$$

мұндағы, p_{wi} – қалыпты пайдаланылған кезеңдегі гидравликалық соққы ескерілген судың есептік ішкі қысымы, МПа;

h_{qz} – туннель күмбезінің жабынынан жер бетіне дейінгі қашықтық, см;

R_{st} , E_s – арматураның созылуға есептік кедергісі және арматура серпінділігінің модулі, МПа;

A_{ss} – туннельдің 1 см ұзындығындағы болат қаптама қимасының ауданы, см²;

R_y – ҚР ҚНЖЕ 5.04-23 бойынша қабылданған болат қабықшаның есептік кедергісі, МПа;

K_0 – топырақтың үлестік тойтару коэффициенті, Н/см³;

ρ – топырақ тығыздығы, кг/см³;

γ_c , γ_n , γ_{lc} – 11.3 сәйкес қабылданған коэффициенттер.

Егер (A.2) немесе (A.3) формулалары бойынша $A_s < 0$ болса (яғни, арматураны есептеу талап етілмесе және судың ішкі қысымын топырақ толығымен қабылдайтын болса)

7.3.7-ге сәйкес A_s мәнін арматуралаудың ең төменгі пайызы бойынша қабалдайды.

A.3 Сыртқы монолитті бетонды аралас қаптаманың болат қабықшасын есептеу

A.3.1 Болат қабықшалар мен қаттылық сақиналар үшін болат маркасын А.1 кестесі бойынша қабылдау қажет.

А.1 кестесі - Болат қабықшалар мен сақиналар үшін болат маркасы

Болат маркасы	МЕМСТ	Қаңылтыр илектің қалыңдығы, мм	t, °C есептелген температурадағы болат санаты		
			$t \geq -40$	$-40 > t \geq -50$	$-50 > t \geq -65$
Ст3Гпс	МЕМСТ 14637 МЕМСТ 380	10 – 30	5	–	–

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

Ст5Гпс	МЕМСТ 14637	10 – 30	2	–	–
09Г2	МЕМСТ 14637	11 – 32	12	–	–

Болат маркасы	МЕМСТ	Қаңылтыр илектің қалыңдығы, мм	t, °C есептелген температурадағы болат санаты		
			t ≥ –40	–40 > t ≥ –50	–50 > t ≥ –65
09Г2С	МЕМСТ 19282	10 – 60	12	13	15
10ХСНД	МЕМСТ 19282	10 – 40	12	13	15
Ескертпелер 1 “+” белгісі болат санаты мен оған қойылатын талаптарды жобада көрсетудің қажетсіз екенін білдіреді, “–” белгісі болаттың осы маркасын көрсетілген есептік температурада пайдалануға болмайтынын білдіреді. 2 Тиісінше техникалық-экономикалық негіздеме жасалғанда басқа маркалы болатты қолдануға жол беріледі.					

А.3.2 Болат қабықтарды туннельдегі судың ішкі қысымының, жерасты суының сыртқы қысымының, ерітіндінің (цементтегенде) және жаңадан төселген бетонның әсеріне, сонымен қатар өзінің салмағына және қабықты монтаждағандағы механизмдерден түсетін жүктемеге әсеріне есептеу қажет, бұл ретте температура әсері ескерілуі тиіс. Болат қабықтарды есептегенде тау қысымының әсері ескерілмейді.

Жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті γ_f , ғимараттың арналуы бойынша сенімділік коэффициенті γ_n және жұмыс жағдайы коэффициенті γ_c 10.8 бен 11.3 талаптарына сәйкес қабылдануы тиіс.

Ескертпе – жұмыс жағдайы коэффициенті γ_c мәні жергілікті кернеу ескерілместен болат қабықтарды есептеу үшін келтірілген.

А.3.3 Болат қабықтардың мықтылығын есептеу келесі формула бойынша орындалады:

$$\sqrt{\sigma_x - \sigma_x \sigma_z + \sigma_z^2} \leq \frac{\gamma_c R}{\gamma_n}, \quad (\text{A.4})$$

бұл ретте келесі жағдайларды сақтау қажет:

$$\sigma \leq \frac{R\gamma_c}{\gamma_n}; \quad \sigma \leq \frac{R\gamma_c}{\gamma_n},$$

мұндағы, σ_x , σ_z – қалыпты кернеу, сәйкесінше қабықтың бойлық және көлденең қимасында, МПа;

$R - R_u / \gamma_u$ тең топырақтың тойтарасын ескере отырып, ішкі қысымға есептегенде қабылданған есептік кернеу, МПа, ал топырақтың тойтарысы ескерілместен ішкі қысымға және сыртқы қысымға есептегенде – R_y ;

R_u, R_y – болаттың созылуға, бүгілуге, иілуге есептік кедергісі, МПа, сәйкесінше уақыттық кедергі бойынша және ҚНЖЕ 5.04-23 сәйкес қабылданған ағу шегі бойынша;

γ_u – 1,3-ке тең уақыт кернеуі бойынша мықтылыққа есептелген конструкция элементтері үшін сенімділік коэффициенті.

А.3.4 Қалыпты кернеу σ_z , МПа, судың ішкі қысымынан қабықтың бойлық қимасына түсетін қалыпты кернеу келесі формуламен анықталады:

$$\sigma_z = \frac{p_{wi} r_m + a_r K_{0r}}{t + 4,33 \cdot 10^{-6} r_m K_{0r}}, \quad (\text{A.5})$$

мұндағы, p_{wi} – судың есептелген ішкі қысымы, МПа;

r_m – қабықтың орташа радиусы, см;

t – қабық қабырғасының қалыңдығы, см;

a_r – қабық пен бетон арасындағы есептік радиальды саңылау, см;

K_{0r} – топырақтың үлестік тойтарысының келтірілген коэффициенті, Н/см³, келесі формуламен анықталады:

$$K_{0r} = \frac{1}{\frac{1}{E_b} \ln \frac{r_e}{r_m} + \frac{1}{K_0}}; \quad (\text{A.6})$$

r_e – бетон құрсаудың сыртқы радиусы, см;

E_b – бетон серпімділігінің модулі, МПа;

K_0 – үлестік тойтарыс коэффициенті;

топырақ тойтарысы болғанда немесе $\frac{a_r}{r_m} \geq 4,33 \cdot 10^{-6} \frac{p_{wi} r_m}{t}$

$$\sigma_z = \frac{p_{wi} r_m}{t}. \quad (\text{A.7})$$

А.3.5 Қабық пен бетон арасындағы есептік радиальды саңылау a_r , см, мұны келесі формула бойынша анықтайды:

$$a_r = a_{r1} + a_{r2} + a_{r3}, \quad (\text{A.8})$$

мұндағы, a_{r1}, a_{r2}, a_{r3} – радиальды саңылаудың сәйкесінше температуралық әсерден, бетонның отыруынан және топырақтың сусуынан болатын құрамдас бөлшектері, см.

Температуралық әсерден болатын құрамдас бөлшек a_{r1} келесі формула бойынша анықталады:

$$a_{r1} = 15,6 \cdot 10^{-6} r_m (t_{max} - t_{min}), \quad (\text{A.9})$$

мұндағы, t_{max} – толтырғыш цементтеу болғандағы ең төменгі ең жоғары температура, °С; t_{min} – туннельдегі судың және ауаның минимальды температурасы, °С.

Зерттеулер деректоры бойынша анықталатын бетонды отырғызу саңылауының құрамдас бөлшегін a_{r2} және топырақтың сусуын a_{r3} тек жүктеменің ерекше үйлестігіне есептегенде ғана ескеру керек.

ҚР ЕЖ 3.04-106-2014

Алдын ала есептеуге келесіні қабылдауға жол беріледі:

$$a_r = 3 \cdot 10^{-4} r_m. \quad (\text{A.10})$$

А.3.6. Сыртқы қысымнан түсетін қабықтың бойлық қимасындағы қалыпты кернеуді σ_z МПа келесі формула бойынша анықтайды:

$$\sigma_z = \frac{p_{we} r_m}{t}, \quad (\text{A.11})$$

мұндағы, p_{we} – есептік сыртқы қысым МПа.

А.3.7 Сыртқы қысымнан түсетін қабықтың ендік қимасындағы қалыпты кернеуді МПа келесі формула бойынша анықтайды:

температура әсерінен – төмендегі формула бойынша

$$\sigma_{x1} = -2,52 t_d, \quad (\text{A.12})$$

мұндағы t_d – температураның есептік ауытқуы, °С;

көлденең деформацияның қысуынан – келесі формула бойынша

$$\sigma_{x2} = 0,3 \sigma_z. \quad (\text{A.13})$$

А.3.8 Температураның есептік ауытқуы t_d – келесі формула бойынша анықталады:

температура көтерілгенде

$$t_d = t_{\max} - t_{b,\min}, \quad (\text{A.14})$$

температура төмендегенде

$$t_d = t_{\min} - t_{b,\max}, \quad (\text{A.15})$$

мұндағы, $t_{\max}$, $t_{\min}$ – сәйкесінше туннельдегі судың немесе ауаның ең жоғары және ең төмен температурасы, °С;

$t_{b,\max}$, $t_{b,\min}$ – сәйкесінше бетондау кезеңіндегі қабықтың ең жоғары және ең төмен температурасы, °С.

А.3.9 Қаттылық қабырғасының маңындағы болат қабықта, сонымен қатар 10° артық бұрыш түзетін сынған жерлерде туындайтын жергілікті кернеуді ескермеуге жол беріледі.

А.3.10. Сыртқы қысым әсеріндегі болат қабықтың беріктігін p_{we} , МПа есептеуді келесі формула бойынша орындау қажет:

$$p_{we} \pi \frac{\gamma_c p_{cr} \zeta}{\gamma_n}, \quad (\text{A.16})$$

мұндағы, p_{cr} – сындық сыртқы қысым, МПа;

ζ -, А.2 кестесі бойынша қабылданатын коэффициент.

А.2-кестесі – ζ коэффициентінің мәні

$\rho_{cr} r_m / t R_{yn}$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
ξ	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4

$\frac{\rho_{cr} r_m}{t R_{yn}} \neq 2,5$ болғанда келесіні қабылдау қажет:

$$\rho_{cr} \zeta = \frac{R_{yn} t}{r_m}, \quad (A17)$$

мұндағы R_{yn} – болаттың ағымдылығының немесе сырғымалылығының нормативті шегі, МПа.

А.3.11 Қаттылық сақинасы жоқ болғандағы және $\frac{l}{r_m} > 2$ жағдайындағы (мұндағы l – сақиналар арасындағы қашықтық, см) сындық сыртқы қысымды А.2 суретіндегі графикпен анықтау қажет.

Сонымен қатар, бұл жағдайда тұрақтылыққа (орнықтылыққа) есепті ЭВМ-дегі стандартты бағдарламалар бойынша орындауға рұқсат етіледі.

А.3.12 Сындық сыртқы қысым ρ_{cr} , МПа, қаттылық сақинасы болған жағдайда келесі формуламен анықталады:

$0,5 \leq \frac{t}{l} \leq 2$ болғанда:

$$\rho_{cr} = 0,92 E_s \frac{t}{l} \left(\frac{t}{r_m} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (A18)$$

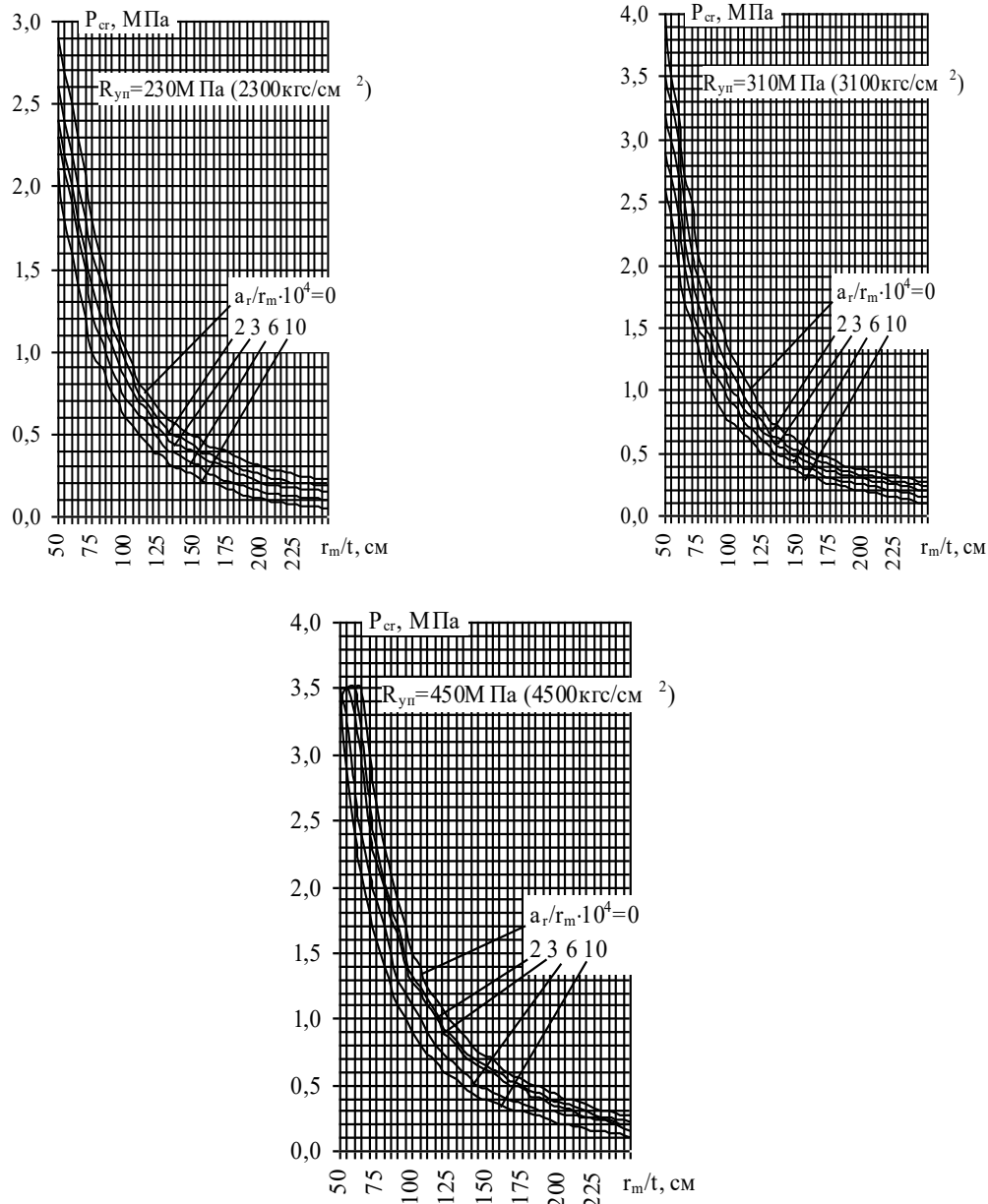
$\frac{l}{r_m} < 0,5$ болғанда:

$$\rho_{cr} = E_s \frac{t}{r_m} \left[\frac{1}{n_w^2 m^2} + 0,092 \left(\frac{t}{r_m} \right)^2 n_w^2 \left(1 + \frac{2}{m} \right) \right], \quad (A19)$$

мұндағы E_s – болаттың серпімділік модулі, МПа,

n_w – ең төменгі мән ρ_{cr} алу үшін таңдалған қабықша майысқанда түзілетін толқындар саны

$$m = 1 + \left(\frac{n_w l}{\pi r_m} \right)^2.$$



R_{yn} – болаттың сырғу шегу бойынша нормативті кедерігі, МПа;

a_r – қабық қабырғасы мен бетон арасындағы есептік радиальды саңылау, см;

r_m – қабықтың орташа радиусы, см; t – қабық қабырғасының қалыңдығы, см

А.2 сурет - Сындық сыртқы қысымның ρ_{cr} қабырғаның салыстырмалы қалыңдығына r_m/t тәуелділік графигі

А.3.13 Сынық габаритін кішірейту мақсатында минимальды көлденең қиманың қаттылық сақинасын жобалау қажет.

Бетондағы қаттылық сақинасын анкерлеуді қарастыруға кеңес беріледі. Анкерлеу мүмкін болмаған жағдайда тікбұрышты көлденең қимадағы қаттылық сақинасын есептеуді келесі формула бойынша орындайды:

$$\gamma_n \frac{p_{we} l_s r_m}{\gamma_c A_r} \left(1 + \frac{y_r}{r_r} \chi \right) + \frac{y_r E_s a_r}{r_r^2} \chi \leq R_y, \quad (\text{A.20})$$

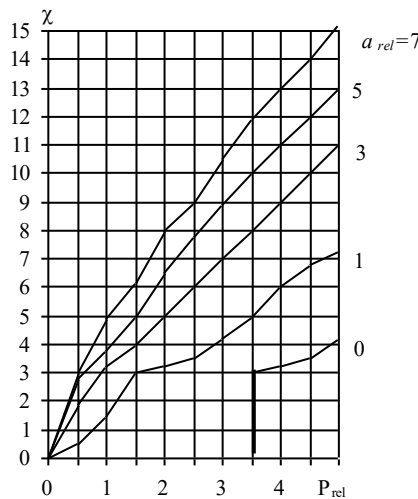
мұндағы, t_r – қаттылық сақинасының қалыңдығы, см;
 y_r – сақина қимасының ауырлық орталығынан ең алыс толқышша дейінгі қашықтық, см;
 χ – мәніне байланысты А.3 суретіндегі график бойынша анықталған коэффициент:

$$p_{rel} = \frac{\gamma_n p_{we}}{\gamma_c E_s \left[0,092 \left(\frac{t}{r_m} \right)^3 + \frac{J_r}{r_r^3 l} \right]}; \quad (\text{A.21})$$

$$a_{rel} = \frac{a_o}{a_r + \frac{p_{we} l_s r_m r_r \gamma_n}{\gamma_c E_s A_r}}, \quad (\text{A.22})$$

r_r, A_r, J_r – сәйкесінше орталық білік радиусы, см, аудыны, см², және ұзындығы $l_s = 1,56 \sqrt{r_m t} + t_r$, см⁴ болатын белдікке қосылған сақинаның көлденең қиындысының инерция сәті немесе моменті

$a_o = 0,0025 r_m$ – сақина радиусының теориялық берілгеннен бастапқы ауытқуы.



А.3 сурет - $a_{rel} = \text{const}$ болған жағдайдағы χ коэффициентінің p_{rel} -ге тәуелділік графигі.

Б қосымшасы

(міндетті)

Алдын ала есептеу кезіндегі екінші топтың шектеулі жағдайы бойынша туннельдер қаптамасын есептеу

Б.1 Еркін сұлбадағы бетон және темірбетон қаптамаларды есептеу

Есептеулерді 10 және 11 тарауларға сәйкес нормативті жүктемелер сәйкестігі негізінде топырақтың тойтару коэффициентін, қима қаттылығын ескере отырып, 11.12 тарауына сәйкес қабылдайды.

Алынған күш (бүгуші момент пен қалыпты күш) бойынша жарықшақтың пайда болуы мен оның ашылуын есептеу қажет.

7.3.4 жауап беретін жағдайда жобаланатын жарылуға төзімді қаптамаларды сызат немесе жарықшақ пайда болғанда ҚНЖЕ 2.06.08 сәйкес тексеру қажет.

Б.2 Жобалаудың бастапқы кезеңіндегі дөңгелек сұлбалы арынды туннельдердің бетон және темірбетон қаптамасында жарықтың пайда болуын есептеу

Қаптама қалыңдығы h_k , см, келесі формулалар бойынша есептеу қажет:

топырақтың үлестік тойтарысы коэффициенті $K_o \leq 2000 \text{ Н/см}^3$ болғандағы

$$h_k = \frac{r_i}{1 + \frac{30\mu}{R_{btn}}} \left(\frac{p_{win}}{\gamma_c R_{btn}} - \frac{K_o}{E_k} \right), \quad (\text{Б.1})$$

мұндағы, p_{win} – судың нормативтік ішкі қысымы, МПа;

$E_k = 0,7E_b$, МПа тең деп қабылданған қаптама материалының серіпімділік модулі;

R_{btn} – бетон класына сәйкес ҚР ҚНЖЕ 5.03-34 және ҚНЖЕ 2.03.01 бойынша қабылданған қаптама материалының керілу нормативті кедергісі, МПа;

μ – қиманы арматуралау коэффициенті;

$K_o \geq 2000 \text{ Н/см}^3$ болғандағы әлсіз жарықшақтанған топырақтарда

$$h_k = \frac{r_i (p_{win} - K_o \varepsilon)}{\gamma_c R_{btn} \left(1 + \frac{30\mu}{R_{btn}} \right) + K_o \varepsilon}, \quad (\text{Б.2})$$

мұндағы, $\varepsilon = 0,25 \cdot 10^{-4} \gamma_c R_{btn} \lg (0,05 K_o + 10)$.

Б.3 Шашырама бетоннан жасалған қаптамада сыртқы қысымнан жарықшақ пайда болуды (жарылуға төзімділігін) есептеу

Шашырама бетоннан жасалған салмақ түсетін қаптаманың қалыңдығы h_k , м, келесі формуламен анықталады:

$$h_k = 0,35a \sqrt{\frac{g_{qzn} + p_{we}}{\gamma_c R_{btn}}}, \quad (\text{Б.3})$$

мұндағы, g_{qzn} – тік тау қысымының нормативтік мәні (10.12 т.), МПа. Арнайы негіздеме болғанда тау қысымын анкерлер арасындағы ықтимал шығу көлемі жағдайынан анықтауға жол беріледі;

p_{we} – жер асты суларын құрғату немесе басқа шаралармен төмендетуді ескерілген қалдық гидростатикалық су қысымы, МПа;

R_{btm} – созылу беріктігі бойынша анықталатын бетонның жобалау класындағы біліктік созылуына шашырама бетонның нормативтік кедергісі, МПа;

γ_c – арматураланған қаптама үшін – 1-ге, арматураланбаған қаптама үшін – 0,6-ға тең деп қабылданған жұмыс шартының коэффициенті;

a – келесі жағдайдан алынған ең аз деп қабылданған (бірақ 1 м кем емес) бойлық және ендік бағыттардағы анкерлер қадамы;

а) топырақ күмбезінің пайда болуы – келесі формула бойынша:

$$a = l_a - \frac{k_b g_{qzn}}{c} (l_a + b), \quad (\text{Б.4})$$

мұндағы, $l_a = h_{q1} + l_{q1}$ – анкерлердің ұзындығы, м;

h_{q1} – бұзылған аймақтың тереңдігі, м (10.12 қараңыз);

l_{q1} – 0,5 – 0,7 м-ге тең деп қабылданған бұзылған аймақ шегінен тыс анкерлерді жамау тереңдігі;

b – қазба ойындысы, м;

c – табиғи зерттеулер негізінде қабылданған топарықтың ілінісуі; алдын ала есептеулер үшін $c = 0,03f$, МПа деп қабылдауға жол беріледі;

k_b – I кима формасының қазбалары үшін 0,2 – 0,25-ке тең коэффициент және қиманың қалған формалары үшін 0,25 – 0,3 (1 суретті қараңыз);

б) анкерлер арасындағы топырақтың беріктігі – келесі формуламен;

$$a = \frac{l_a}{3} \sqrt{\frac{c}{g_{qz}}}; \quad (\text{Б.5})$$

в) анкердің беку мықтылығы – келесі формуламен:

$$a = \sqrt{\frac{N_a}{\rho g h_q}}, \quad (\text{Б.6})$$

мұндағы, N_a – темірбетон анкерлер үшін анкер өзегінің үзілуге беріктігіне тең анкердің салмақ көтеру қабілеті, қалған анкерлер үшін – 80–100 кН; ρ – топырақ тығыздығы.

Б.4 Дөңгелек сұлбалы арынды туннельдердің бетон қаптамаларындағы жарықшақтардың ашылу енін есептеу

Біртектес жарықшақты топырақтарда және цементтеу арқылы мықталған басқа топарықтарда қарастырылған туннельдердің бетон қаптамасындағы жарықшақтарды ашу ені

a_{crc} , мм, келесі формула бойынша анықталуы тиіс:

$$a_{crc} = 100c_{crc} \frac{P_{win}}{K_o}, \quad (Б.7)$$

мұндағы, $a_{crc} = 0,28 + 625 \frac{P_{win}}{K_o} \leq 1$.

5. Арында және арынсыз туннельдердің темірбетон қаптамаларындағы жарықшақтардың ашылу енін есептеу

Арынды және арынсыз туннельдердің темірбетон қаптамаларындағы жарықшақтардың ашылу ені a_{crc} , мм, келесі формула бойынша анықталуы тиіс:

$$a_{crc} = \alpha \beta \eta \frac{\sigma_s - \sigma_{s0}}{E_s} 7,7(4 - 100\mu) \sqrt{d}, \quad (Б.8)$$

мұндағы, α – блоктардан құралған жартасты топырақтың жарылуының әсерін ескеретін және $M_j \geq 5$ болғанда $M_j: \alpha = 1$; $M_j \leq 1$ болғанда $\alpha = 2$ жарылу модуліне байланысты қабылданатын коэффициент. $1 \leq M_j \leq 5$ интервалында α мәні интерполяция бойынша қабылданады;

β – орталықты және ортадан тыс созылған элементтер үшін қабылданатын коэффициент – 1,2, ортадан тыс сығылған және бүгілген элементтер үшін – 1;

η – кезендік пішіннің өзекті арматурасындағы 1-ге тең деп қабылданған, ал тегіс арматурада – 1,4-ке тең деп қабылданған коэффициент.

σ_s – қиманың созылған аймағындағы бетон кедергісі ескерілмеген созылған арматурадағы кернеу, МПа;

σ_{s0} – бетонның қабаруынан болатын арматурадағы бастапқы созылу кернеуі: судағы конструкциялар үшін, $\sigma_{s0} = 20$ МПа; ұзақ уақыт кебуге ұшырайтын конструкциялар үшін, оның ішінде құрылыс кезінде, $\sigma_{s0} = 0$;

μ – $\mu = \frac{A_s}{bh}$ -ге тең, бірақ 0,02-ден артық емес деп қабылданған қиманың арматуралану коэффициенті (мұндағы, A_s – А қосымшасына сәйкес анықталған немесе 7.3.7 сәйкес қабылданған арматура қимасының қажетті ауданы);

d – арматура өзегінің диаметрі, мм.

Созылған арматурадағы кернеуді σ_s , МПа, келесі формула бойынша анықтайды: иілетін элементтер үшін

$$\sigma_s = \frac{M_n}{A_s z}, \quad (\text{Б.9})$$

орталықтан созылған элементтер үшін

$$\sigma_s = \frac{N_n}{A_s}, \quad (\text{Б.10})$$

орталықтан тыс созылған және орталықтан тыс сығылған элементтер үшін

$$\sigma_s = \frac{N_n (e_t \pm z)}{A_s z}, \quad (\text{Б.11})$$

мұндағы, M_n, N_n – нормативты иілу моменті және ретінше бойлық күш;

z – мықтылыққа есептеу қимасының нәтижесі бойынша қабылданған күштің ішкі жұбының иығы.

Есептеу арқылы анықталған жарықтың ащылу ені 9 кестеде келтірілген шамадан артық болмауы тиіс.

Ескертпе – (Б.11) формуласындағы «+» белгісі орталықтан тыс созылғанда, «-» белгісі орталықтан тыс сығылғанда қабалданады.

В қосымшасы

(міндетті)

Қысымды туннельден судың сүзілетін шығынының шамасын есептеу

В.1 Судың ішкі және сыртқы қысымдарының айырмашылығы 10 м-ге жатқызылған судың сүзілетін шығынының жол берімділігі Q , л/с·см, келесі формуламен анықталады:

$$Q = \frac{1}{\frac{h_k}{k_{crc} n_{crc}} + \frac{1}{k M_f}} \leq Q_{adm} 2\pi r_e \cdot 10^{-7}, \quad (B.1)$$

мұндағы, k_{crc} – қаптамадағы жарықтардың су өткізгіштік коэффициенті (су шығыны 1-ге тең қысым градиентінде 1 см жарық арқылы см³/с) келесі формаламен анықталады:

$$k_{crc} = a_{crc}^3; \quad (B.2)$$

$$n_{crc} - \text{қаптамадағы жарықтар саны: бетон} - n_{crc} = 0,0628 r_e; \text{ темірбетон} - n_{crc} = \frac{2\pi r_e 8\mu}{d};$$

μ – қаптама қимасын арматуралау коэффициенті;

d – арматура диаметрі, см;

r_e – қаптаманың сыртқы радиусі, см;

k – топырақтың сүзу коэффициенті, см/с;

M_f – сүзу аймағы элементтерінің арасындағы геометриялық қатынаспен сипатталатын форма модулі келесі формуламен анықталады;

$$M_f = \frac{2\pi}{\ln \frac{r_f}{r_e}}; \quad (B.3)$$

r_f – тәжірибелік деректер бойынша қабылданатын сүзу аймағының радиусы, ал олар жоқта туннельдің орналасу тереңдігінің екі есесіне тең, см;

Q_{adm} – ішкі және сыртқы қысым айырмашылығы бірлігіне жатқызылған және техникалық-экономикалық есептеулер негізінде анықталатын судың сүзілу шығынының жол берілетін мәні. Алдын ала есептеу үшін келесілерді қабылдауға жол беріледі: сыртқы және ішкі қысым айырмашылығы 100 м және одан кем болғандағы – әр 10 м қысым айырмашылығында туннель бетінің 1000 м² үшін – $Q_{adm} = 1$ л/с болады. Сыртқы және ішкі қысым айырмашылығы 100 метрден жоғары болғандағы – әр 10 м қысым айырмашылығында туннель бетінің 1000 м² үшін – $Q_{adm} = 0,3$ л/с-тан 0,5 л/с-ге дейін болады.

В.2 Туннельден сүзілетін су шығынының абсолюттік мәні Q_{adm} , л/с, келесі формуламен анықталады:

$$Q_{abs} = \frac{Ql(H_i - H_e)}{10}, \quad (B.4)$$

мұндағы, l – туннель ұзындығы, см.

В.3 Туннельден судың сүзіліп шығындалуын төмендету үшін тұтқыр полимер материалдар, бекіткіш цементтеу және басқа конструкциялық іс-шаралар негізінде арнайы жамылғы қолдануды қарастыруға болады.

ӘОЖ 625.42

МСЖ 93.060

Негізгі сөздер: гидротехникалық туннельдер, туннельдер класы, трасса, көлденең қима, қаптауыш, кіретін бастау, туннельдер конструкциясы, шектеулі жағдайы, дренаж, механикалық құрал-жабдық.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	IV
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	1
3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	2
4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
5 ТРАССА И ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ ТОННЕЛЯ	9
6 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ТОННЕЛЕЙ	11
7 КОНСТРУКЦИЯ ТОННЕЛЕЙ	12
7.1 Общие конструктивные требования	12
7.2 Тоннели без обделки	14
7.3 Обделки тоннелей	15
8 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТОННЕЛЕЙ ..	20
8.1 Общие конструктивные требования	20
8.2 Затворы	21
8.3 Затворные камеры тоннелей	21
9 ДРЕНАЖ И ЦЕМЕНТАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТОННЕЛЕЙ	22
9.1 Общие конструктивные требования	22
9.2 Дренаж	22
9.3 Цементация в гидротехнических тоннелях	28
10 НАГРУЗКИ, ВОЗДЕЙСТВИЯ И ИХ СОЧЕТАНИЯ	30
11 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ОБДЕЛОК	34
12 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	40
13 ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ	41
Приложение А (обязательное) Расчет обделок тоннелей по предельным состояниям первой группы при предварительных расчетах	43
Приложение Б (обязательное) Расчет обделок тоннелей по предельным состояниям второй группы при предварительных расчетах	51
Приложение В (обязательное) Расчет фильтрационного расхода воды из напорного тоннеля	55

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий свод правил разработан на основе положений технических регламентов Республики Казахстан «Требования к безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий», «Общие требования к пожарной безопасности», «Требования к безопасности железобетонных, бетонных конструкций», строительных норм и действующих нормативно-технических документов Республики Казахстан.

В своде правил приводятся приемлемые строительные решения и параметры, обеспечивающие выполнение требований строительных норм СН РК 3.04-06-2014 «Тоннели гидротехнические» при проектировании и строительстве новых и реконструкции действующих гидротехнических тоннелей всех классов.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ТОННЕЛИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ

TUNNELS WATER

Дата введения - 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящий свод правил распространяется на проектирование и строительство новых и реконструкцию действующих гидротехнических тоннелей всех классов, входящих в состав гидроэлектростанций, мелиоративных систем и систем водоснабжения.

1.2 При проектировании гидротехнических тоннелей, располагаемых в особых условиях (в сейсмических районах, в сложных инженерно-геологических условиях и др.), необходимо соблюдать дополнительные требования, предъявляемые к таким тоннелям соответствующими нормативными документами.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Для применения настоящего свода правил необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

- СН РК 3.04-01-2013 Гидротехнические сооружения.
- СН РК 3.04-06-2013 Тоннели гидротехнические.
- СНиП РК 2.03-30-2006 (изд.2008) Строительство в сейсмических районах.
- СНиП РК 3.04-04-2006 Основания гидротехнических сооружений.
- СНиП РК 3.04-40-2006 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения.
- СНиП РК 5.03-34-2005 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
- СНиП РК 5.04-23-2002 Стальные конструкции. Нормы проектирования.
- СНиП II-7-81* (раздел 5) Строительство в сейсмических районах.
- СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия.
- СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции.
- СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
- СП РК 2.03-102-2012 Инженерная защита в зонах затопления и подтопления.
- СП РК 2.03-106-2013 Подземные горные выработки.
- СП РК 2.03-107-2013 Подземные сооружения в сейсмических районах
- СП РК 3.04-101-2013 Гидротехнические сооружения.

ГОСТ 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 21153.1-75 Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протодюконову.

ГОСТ 14637-89 Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия.

ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия.

Примечание - При пользовании настоящим государственным нормативом целесообразно проверить действие ссылочных документов по информационным «Перечню нормативных правовых и нормативно-технических актов в сфере архитектуры, градостроительства и строительства, действующих на территории Республики Казахстан», «Указателю нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан» и «Указателю межгосударственных нормативных документов», составляемых ежегодно по состоянию на текущий год. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими нормативами следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

В настоящем нормативном документе используются следующие термины, определения и обозначения:

3.1 Безнапорное движение жидкости: Движение жидкости по тоннелю со свободной поверхностью потока по всей его длине.

3.2 Временная крепь: Конструкция, обеспечивающая устойчивость выработки и служащая для обеспечения проходческих и монтажных работ до возведения обделки.

3.3 Входной оголовок: Входной участок водосброса, в частности водосброса с замкнутым сечением, на протяжении которого осуществляется плавный переход от расширенного входного сечения к начальному сечению транзитной части водосброса.

3.4 Водозаборное сооружение: Гидротехническое сооружение, предназначенное для отбора воды.

3.5 Гидравлический удар: Повышение или понижение гидродинамического давления в напорном водоводе, вызванное резким изменением во времени скорости движения жидкости.

3.6 Гидротехнический тоннель: Водовод замкнутого поперечного сечения, устроенный в горных породах без вскрытия вышележащего массива.

3.7 Горное давление: Силы, возникающие в массиве, окружающем выработку (тоннель).

3.8 Горные породы: Геологические тела и их компоненты (блоки, обломки), составляющие литосферу Земли.

3.9 Коэффициент крепости породы: Параметр, оценивающий количественно крепость горных пород, приближенно характеризующий относительную сопротивляемость пород разрушению.

3.10 Лоток тоннеля: Днище или подошвенная плита тоннельной выработки, выполненная из железобетона, бетона или набрызгбетона.

3.11 Напорное движение жидкости: Движение, при котором поток жидкости в тоннели не имеет свободной поверхности.

3.12 Обделка: Конструкция, выполненная по контуру горной выработки, которая определяет проектное поперечное сечение, и предназначенная для восприятия внешних и внутренних нагрузок, снижения шероховатости обтекаемой поверхности и сокращения фильтрационных потерь.

3.13 Обделки выравнивающие: Обделки, улучшающие гидравлические характеристики тоннеля, а также предотвращающие вывалы пород, их выветривание и размывы.

3.14 Обделки несущие: Обделки, обеспечивающие восприятие нагрузок в периоды строительства и эксплуатации и удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к выравнивающим обделкам.

3.15 Облицовка: Покрытие, защищающее обделку или скальную поверхность горной выработки от интенсивного износа под воздействием кавитации и транспортируемых в потоке тел (наносов, льдин и т.п.), а также существенно уменьшающая фильтрацию, которое выполняется из материалов повышенной прочности: бетона более высоких марок, чем обделка, полимербетона, фибробетона, фиброполимербетона и т.п.

3.16 Подземные воды: Воды, находящиеся в толще земной коры во всех физических состояниях.

3.17 Цементация: Инъектирование горных пород при помощи цементных растворов.

Основные буквенные обозначения

Основные характеристики грунтов

f – коэффициент крепости;

K – коэффициент отпора;

K_0 – коэффициент удельного отпора;

E_q – модуль деформации;

ν – коэффициент Пуассона;

φ – кажущийся угол внутреннего трения;

c – сцепление грунта;

ρ – плотность грунта;

M_q – модуль трещиноватости;

g_{qzn} – нормативное вертикальное горное давление;

g_{qxn} – нормативное горизонтальное горное давление;

h_q – высота свода обрушения;

b_q – пролет свода обрушения;
 h_{q1} – глубина нарушенной зоны;
 h_{qz} – высота толщии грунта над тоннелем.

Нагрузки и воздействия, усилия от них

M_n, N_n – нормативные изгибающий момент и нормальная сила;
 H_i – внутренний напор воды;
 H_e – напор подземных вод;
 H_{e1} – гарантированный напор подземных вод;
 p_{we} – наружное давление;
 p_{cr} – критическое наружное давление;
 p_{wi} – расчетное внутреннее давление воды;
 p_{win} – нормативное внутреннее давление воды.

Характеристики материалов

E_k – модуль упругости обделки;
 E_b – модуль упругости бетона;
 E_s – модуль упругости арматуры;
 R_{st} – расчетное сопротивление арматуры растяжению;
 R_{yn} – нормативное сопротивление по пределу текучести стали;
 R_u, R_y – расчетное сопротивление стальной оболочки растяжению, сжатию и изгибу, соответственно, по временному сопротивлению и пределу текучести;

R_{btm} – нормативное сопротивление бетона растяжению;
 R_{bt} – расчетное сопротивление набрызг-бетона осевому растяжению;
 R_{as} – расчетное сопротивление растяжению стержня анкера.

Геометрические характеристики

h – высота выработки;
 b – пролет (ширина) выработки;
 h_k – толщина обделки;
 t_b – толщина покрытия набрызг-бетона;
 r_i – внутренний радиус обделки;
 r_e – наружный радиус обделки;
 r_m – средний радиус оболочки;
 r_r – радиус центральной оси;
 t – толщина стальной оболочки;
 A_s – площадь сечения арматуры;
 h_0 – рабочая высота сечения;
 a_c – расстояние от равнодействующей усилий в сжатой арматуре до ближайшей грани сечения;

e_b, e_c – расстояние от центра тяжести площади сечения, соответственно, растянутой и сжатой арматуры до продольной силы;

μ – коэффициент армирования сечения;

d – диаметр анкера;

A_{ss} – площадь сечения стальной оболочки;

J_r – момент инерции поперечного сечения кольца с присоединенным пояском.

Коэффициенты

γ_f – коэффициент надежности по нагрузкам;

γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения;

γ_c – коэффициент сочетаний нагрузок;

γ_c – коэффициент условий работы.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 Требования настоящего свода правил направлены на проектирование и строительство новых и реконструкцию действующих гидротехнических тоннелей в соответствии с требованиями технического регламента РК «Требования к безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» и нормативных документов: СН РК 3.04-01, СНиП РК 3.04-04, СНиП РК 3.04-40, СП РК 3.04-101 по обеспечению безопасности гидротехнических тоннелей и создание благоприятных условий строительства (реконструкции) и эксплуатации гидротехнических тоннелей, не допуская возникновения неприемлемых рисков причинения вреда здоровью и жизни людей, окружающей среде.

4.2 Классы гидротехнических тоннелей, входящих в состав сооружений гидроэлектростанций и мелиоративных систем, должны устанавливаться в соответствии с СН РК 3.04-01. Классы гидротехнических тоннелей, предназначенных для систем водоснабжения, должны соответствовать категориям надежности подачи воды, устанавливаемым СНиП РК 4.01-02.

4.3 Класс гидротехнических тоннелей, входящих в состав комплексного гидроузла, обеспечивающего одновременно нескольких участников водохозяйственного комплекса (энергетику, речной транспорт, мелиорацию, водоснабжение), следует устанавливать как для объекта, показатели которого соответствуют наиболее высокому классу.

4.4 В зависимости от назначения гидротехнические тоннели подразделяются на:

- основные, предназначенные для постоянного пропуска воды при эксплуатации гидроэлектростанций, мелиоративных систем и систем водоснабжения, эксплуатационные водосбросные тоннели, головные участки второстепенных тоннелей до затворов;
- второстепенные, предназначенные для периодического пропуска воды (для опорожнения и промыва водоемов и водоводов, резервные водосбросные тоннели), за исключением головных участков тоннелей до затворов, которые относятся к основным сооружениям;
- временные, предназначенные для пропуска воды в период строительства или ремонта гидротехнических сооружений.

Строительный тоннель допускается относить к второстепенным сооружениям, если его разрушение, независимо от срока эксплуатации, может вызвать последствия катастрофического характера, или значительную задержку возведения основных сооружений.

При проектировании крупных гидроузлов строительные тоннели со сроком эксплуатации свыше 5 лет допускается относить к второстепенным сооружениям.

При проектировании тоннелей основного или второстепенного назначения должна быть рассмотрена возможность использования их для пропуска воды в период строительства водоподпорных сооружений.

4.5 В зависимости от гидравлического режима гидротехнические тоннели подразделяются на:

- напорные, работающие при избыточном внутреннем давлении воды по сравнению с атмосферным;
- с частично напорными режимами течения (допускаются при относительно невысоких напорах – отводящие тракты ГЭС, нерегулируемые тоннели);
- безнапорные, работающие при неполном наполнении водой.

В гидротехнических тоннелях допускается частично напорные режимы течения, характерные для смены безнапорного режима течения напорным, и наоборот. Длительная работа при таких режимах должна быть обоснована.

4.6 Гидравлический режим в отводящих тоннелях при всех уровнях воды в нижнем бьефе рекомендуется поддерживать устойчивым – только напорным или только безнапорным. Переходные режимы от напорного к безнапорному и обратно в отводящих тоннелях, следует проектировать кратковременными при надлежащем обосновании.

4.7 При проектировании гидротехнических тоннелей следует учитывать:

- условия постоянной и временной эксплуатации;
- требования технических правил по экономному расходованию основных строительных материалов;
- условия и способы производства работ;
- требования по охране природы и сохранению ландшафта.

4.8 В отводящих частях водосбросных тоннелей, работающих в широком диапазоне изменения граничных условий (уровней бьефов и расходов), следует предусматривать безнапорный режим течения, а во входных частях до основных затворов – напорный. Для обеспечения устойчивого безнапорного режима работы необходимо предусматривать устройства для подачи воздуха в начало участка безнапорного движения. Размеры воздухопроводов следует обосновать специальными расчетами или модельными исследованиями, либо принимать на основе аналогов.

4.9 Для снижения стоимости гидроузлов при проектировании необходимо рассматривать варианты использования всего или части трактов гидротехнических тоннелей для выполнения нескольких технологических функций: пропуска расходов строительного и эксплуатационного периодов, выполнения различных типов попусков, подвода или отвода расходов гидроагрегатов, гашения избыточной кинетической энергии.

4.10 Основные технические решения проектов новых и реконструкции существующих гидротехнических тоннелей (гидравлический режим работы, глубину заложения, расположение в плане и продольном профиле, поперечное сечение, тип обделки и др.) следует принимать на основе сравнения технико-экономических показателей вариантов с учетом общей компоновки сооружений гидроузла, мелиоративной системы или системы водоснабжения, условий их эксплуатации, назначения тоннеля, намечаемых способов и сроков строительных работ,

топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, климатических и других условий района строительства.

Выбранный вариант проектного решения должен обеспечивать надежность (прочность, устойчивость, долговечность) и экономичность сооружения, возможность механизации и индустриализации строительных и ремонтных работ, оптимальные эксплуатационные качества тоннелей.

4.11 Данные по гидрогеологии должны содержать следующие сведения:

- расчетные расходы воды, пропускаемой через тоннель, и соответствующие им уровни воды верхнего и нижнего бьефов;
- режим колебания уровней и скоростей воды в реке (водоеме) в районе строительства тоннеля;
- химический состав речной воды, ее агрессивность и температура;
- количество и механические характеристики наносов, транспортируемых рекой.

4.12 При проектировании гидротехнических тоннелей необходимо проводить инженерно-геологические изыскания по всей его трассе.

4.13 При изысканиях и проектировании следует стремиться к максимальному использованию несущей способности и водоупорных свойств горных пород в естественном состоянии. В отдельных случаях возможно улучшение свойств пород специальными способами (цементация и др.) в целях наиболее целесообразного и экономичного выбора конструкции тоннеля.

4.14 При изучении геологического строения района строительства гидротехнических тоннелей на всех этапах и стадиях проектирования следует особое внимание уделять:

- петрографическому составу, литологическим и текстурным особенностям горных пород, их сохранности;
- распространению, мощностям и формам залегания основных стратиграфо-литологических комплексов и отдельных разновидностей пород;
- наличию, характеру и ориентировке складчатых и разрывных тектонических структур, зон нарушений (ослабления) пород, преобладающих систем трещин;
- проявлению современной тектоники и сейсмичности.

4.15 При инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях следует особое внимание уделять:

- тектоническим нарушениям по трассе тоннеля и в районе его строительства;
- положению поверхности подземных вод и источникам их питания;
- возможным оползневым процессам и селевым потокам на участках входа и выхода тоннеля из грунтового (скального) массива;
- фильтрационной устойчивости пород;
- возможности развития химической и механической суффозии;
- наличию зон карста по трассе тоннеля;
- локальным выходам агрессивных подземных вод;
- возможности химического кольматажа дренажных устройств.

4.16 Проектирование гидротехнических тоннелей в сейсмических районах следует рассматривать в соответствии с требованиями СНиП РК 2.03-30, СП РК 2.03-107.

4.17 Сейсмичность площадки строительства следует определять по действующим

картам сейсмического микрорайонирования или на основании результатов сейсмического микрорайонирования территории, выполняемого специализированными организациями.

4.18 Сейсмичность площадки строительства, принятую по карте сейсмического микрорайонирования, следует уточнять, если в процессе выполнения инженерно-геологических изысканий выявлены неучтенные ранее факторы, способные повлиять на сейсмичность площадки.

4.19 Уточнение карты сейсмического микрорайонирования может выполнять организация, составившая карту, или другая изыскательская организация по согласованию с организацией – составителем карты.

4.20 Сейсмические воздействия на гидротехнические тоннели следует учитывать при величине расчетной сейсмичности площадки строительства гидротехнического тоннеля равной 7, 8 или 9 баллам.

На площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов, возводить гидротехнические тоннели допускается в исключительных случаях, только по специальным техническим условиям.

4.21 Расчеты на прочность и устойчивость гидротехнических тоннелей, располагаемых в сейсмических районах, следует производить в рамках линейно-спектральной теории на два уровня интенсивности сейсмического воздействия - проектное и максимальное расчетное.

4.22 Проверка сейсмостойкости напорных гидротехнических тоннелей I и II классов, расположенных в районах сейсмичностью свыше 7 баллов, производится методами динамической теории с использованием инструментальных записей ускорений основания и синтезированных акселерограмм. При этом деформации, напряжения и усилия должны определяться на всем временном интервале сейсмического воздействия.

4.23 Гидротехнические тоннели всех классов должны воспринимать проектные воздействия землетрясений без риска для жизни и здоровья людей и нарушений нормальной эксплуатации.

4.24 Для обеспечения сейсмостойкости объекта следует проводить проверку на устойчивость потенциально опасных участков береговых склонов и отдельных скальных массивов в створе сооружений, зоне водохранилища и нижнем бьефе.

4.25 При проектировании гидротехнических тоннелей необходимо учитывать изменения природных условий, которые могут привести к развитию и активизации следующих негативных физико-геологических, геодинамических процессов в их основаниях:

- повышению активности ближайших сейсмогенерирующих разломов;
- подтоплению и затоплению территорий, оценку которых необходимо выполнять, руководствуясь положением СП РК 2.03-102.

4.26 Нормативные и расчетные значения характеристик прочности и деформативности грунтов определяются в соответствии с положениями СНиП РК 3.04-04.

4.27 Тоннели для пропуска строительных расходов, транспортирующие влекомые наносы, необходимо проектировать с возможностью проведения их ежегодного осмотра и ремонта после прохождения паводка. Для этого следует рассматривать целесообразность сооружения двух тоннелей с входными оголовками на разных отметках.

4.28 В гидротехнических тоннелях I и II классов должна предусматриваться установка контрольно-измерительной аппаратуры для проведения натурных наблюдений за работой сооружения в процессе строительства и в период его эксплуатации, для оценки состояния обделки тоннеля, окружающего его грунта (в том числе, зацементированного), давления грунтовых вод на обделку, гидравлического и фильтрационного режимов.

5 ТРАССА И ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ ТОННЕЛЯ

5.1 При проектировании трассы гидротехнического тоннеля надлежит по возможности избегать участков, находящихся в неблагоприятных для сооружения тоннеля инженерно-геологических и гидрогеологических условиях (значительные тектонические нарушения, газоносные участки, участки с притоком подземных вод, оползни, селевые потоки, карсты) а также участков, характеризующихся неблагоприятными санитарными условиями (скотомогильники, кладбища, свалки, поля фильтрации).

5.2 Трасса тоннеля, как правило, должна быть прямолинейной и минимальной длины. Непрямолинейную трассу допускается принимать в случаях, когда это обусловлено компоновкой гидроузла, необходимостью обеспечения достаточной глубины заложения тоннеля, топографическими условиями местности, принятыми способами производства работ, а также необходимостью избежать расположения тоннеля в неблагоприятных условиях, указанных в п. 5.1.

5.3 Радиусы поворота трассы тоннеля при скоростях течения до 10 м/с следует принимать равными не менее трех значений ширины (диаметра) тоннеля в свету, а углы поворота не более 60°. При скоростях течения свыше 10 м/с значения радиуса и угла поворота необходимо определять на основании гидравлических расчетов или исследований, в случаях напорного потока и спокойного безнапорного потока (число Фруда для потока меньше 1) и для сооружений I и II классов на основании экспериментальных исследований для бурного безнапорного потока (число Фруда для потока больше 1).

Начальный и концевой участки криволинейной трассы тоннелей следует предусматривать прямолинейными длиной, равной пролету (диаметру) выработки, но не менее 6 м.

5.4 Формы поперечных сечений безнапорных тоннелей приведены на рисунке 1, а также соотношение их размеров следует принимать по таблице 1.

Коэффициент крепости f определяется по ГОСТ 21153.1 или принимается равным частному от деления предела прочности образца породы на одноосное сжатие (в МПа) на 10.

5.5 Для безнапорных тоннелей, проходящих в грунтах, развивающих горное давление, несимметричное относительно вертикальной оси сечения, в набухающих грунтах, а также при высоком напоре подземных вод следует принимать поперечное сечение кругового очертания.

При надлежащем обосновании допускается принимать другие формы поперечного сечения безнапорных тоннелей.

Таблица 1 – Соотношение размеров поперечных сечений безнапорных тоннелей

Форма поперечного сечения тоннеля	Коэффициент крепости грунтов f (по Протодяконову)	Соотношения размеров сечения			
		r_1 / b	r_2 / b	r_3 / b	r_4 / b
I	$f \geq 8$	0,71	0,1 – 0,15	-	-
II*	$8 < f > 4$	0,5	0,1 – 0,15	-	-
III*	$4 \geq f \geq 2$	0,25	0,1 – 0,25	1 – 0,9	-
IV*	$f < 2$	0,5	0,1 – 0,15	1 – 1,5	1 – 1,5

* Допускается применять при форме I поперечного сечения тоннеля (рисунок 1).
 * Применяется при специальном обосновании.

Примечания - 1 Данные таблицы 1 относятся к соотношению $h/b = 1$. При колебании уровня воды в тоннеле свыше $0,3h$ допускается принимать $h/b > 1$.
 2 В местах сопряжения лотка со стенами тоннеля необходимость устройства закруглений (вутов) определяется расчетом.

Для безнапорных тоннелей глубокого заложения наружное (прилегающее к породе) очертание стен и сводов должны определяться на основании анализа построенных тоннелей в аналогичных условиях, а, при отсутствии таких аналогов, расчетом на основе численных моделей.

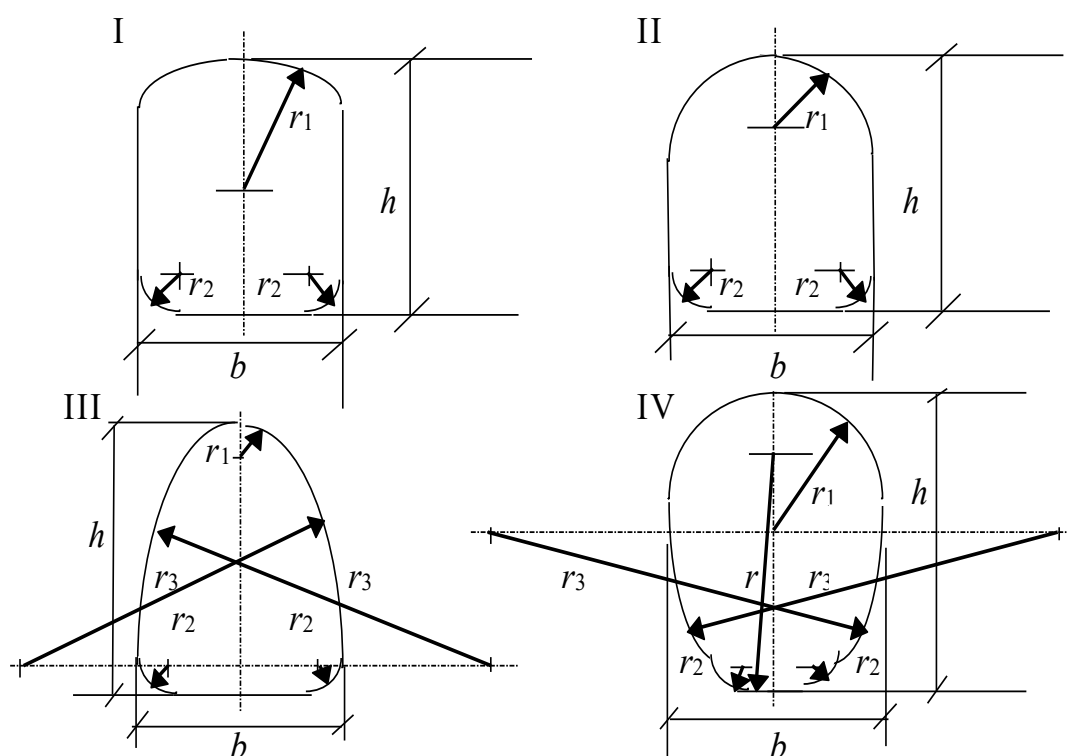


Рисунок 1 - Формы поперечных сечений безнапорных тоннелей в свету

5.6 Поперечное сечение напорных тоннелей следует принимать кругового очертания. В устойчивых очень слаботрециноватых скальных грунтах допускается

принимать некруговое очертание напорного тоннеля (см. рисунок 1, формы I, II, IV), если при этом удовлетворяются условия прочности обделки. Степень (модуль) трещиноватости скальных грунтов следует определять по СНиП РК 3.04-04.

5.7 Размеры поперечного сечения тоннелей следует определять на основании гидравлических и технико-экономических расчетов.

На начальных стадиях проектирования диаметр (или пролет) тоннеля допускается принимать от 2 до 6 м – через 0,5 м, свыше 6 м – через 1 м.

В случае частичного напорного гидравлического режима и при скоростях воды в тоннеле свыше 10 м/с размеры поперечного сечения необходимо назначать с учетом опыта эксплуатации тоннелей, находящихся в аналогичных условиях, или на основании специальных гидравлических расчетов и исследований.

5.8 Высоту воздушного пространства над уровнем воды в безнапорном тоннеле при установившемся течении воды со скоростью до 10 м/с следует принимать на основании гидравлических расчетов, но не менее 0,07 высоты тоннеля в свету и не менее 40 см.

При скоростях течения воды в тоннеле свыше 10 м/с достаточность указанного воздушного пространства должна быть обоснована.

5.9 Минимальные размеры поперечного сечения гидротехнических тоннелей в свету необходимо принимать с учетом возможности размещения оборудования, коммуникаций, пропуска строительных механизмов и соблюдения требований безопасности при производстве подземных работ.

5.10 Если гидротехнический тоннель располагается в многолетнемерзлых грунтах, то при прочих равных условиях в проекте следует принимать тоннель с напорным режимом работы.

6 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ТОННЕЛЕЙ

6.1 Бетон и арматура для бетонных и железобетонных конструкций тоннелей (обделка, порталы и др.) должны удовлетворять требованиям СНиП 2.06.08 и настоящего раздела.

6.2 Классы бетона по прочности на сжатие должны назначаться не ниже для конструкций:

- монолитных бетонных и железобетонных.....В20;
- сборных железобетонных В30;
- набрызг-бетонных В25.

При надлежащем обосновании допускается применение бетона более низких классов со специальными добавками, улучшающими его свойства, а также бетонов на алунитовом и других самонапрягающих цементах.

Марки бетона по водонепроницаемости для обделок безнапорных тоннелей должны быть не ниже W6, а для обделок напорных тоннелей – не ниже W8.

Марки бетона по морозостойкости для бетонных и железобетонных конструкций тоннелей должны назначаться в соответствии с требованиями СНиП 2.06.08.

Возраст (срок твердения) бетона, отвечающий его классу по прочности на сжатие и осевое растяжение и маркам по водонепроницаемости и морозостойкости, принимается

равным 180 дням. Если известны сроки фактического загрузки конструкций, способы их возведения, условия твердения бетона, вид и качество применяемого цемента, допускается устанавливать класс и марку бетона в ином возрасте.

6.3 При назначении класса и марки бетона обделок тоннеля, располагаемого в многолетнемерзлых грунтах, необходимо учитывать возможность периодического (сезонного) замораживания и оттаивания бетона.

6.4 Классы набрызг-бетона и торкрета следует назначать по прочности на осевое растяжение не ниже $B_t 2,4$. Значения нормативных и расчетных сопротивлений набрызг-бетона и торкрета должны приниматься, как и для бетонов.

Модули упругости набрызг-бетона и торкрета для классов $B_t 2,4$, $B_t 2,8$, $B_t 3,2$ необходимо принимать равными соответственно $3,25 \cdot 10^4$, $3,6 \cdot 10^4$ и $3,9 \cdot 10^4$ МПа.

6.5 Обделки (или их части) гидротехнических тоннелей с повышенной кавитационной стойкостью и стойкостью к истиранию необходимо предусматривать из кавитационно-стойких и износостойких бетонов.

6.6 Для бетонных и железобетонных конструкций тоннелей следует применять материалы (цементы и заполнители), отвечающие требованиям ГОСТ 26633.

6.7 В бетоны для конструкций тоннелей следует вводить пластифицирующие добавки (суперпластификаторы), воздухововлекающие добавки и комплексные добавки поверхностно-активных веществ, отвечающие требованиям СНиП 2.06.08.

6.8 Для гидротехнических тоннелей следует применять горячекатаную арматурную сталь периодического профиля классов А-II (А300) и А-III (А400).

Расчетные сопротивления арматурной стали для железобетона и анкерной крепи должны соответствовать требованиям СНиП 2.06.08.

6.9 Марки стали для стальных оболочек комбинированных обделок необходимо принимать согласно приложению А.

Расчетные сопротивления прокатной стали и материалы, применяемые для сварки стальных конструкций, следует принимать согласно СНиП 5.04-23.

7 КОНСТРУКЦИЯ ТОННЕЛЕЙ

7.1 Общие конструктивные требования

7.1.1 При проектировании гидротехнических тоннелей должна быть предусмотрена возможность их опорожнения на всем протяжении для осмотра и ремонта.

Допускается не предусматривать опорожнения начальных участков тоннелей до затворов. Длина этих участков должна быть минимальной.

7.1.2 Входы и выходы гидротехнических тоннелей должны быть оформлены в виде порталов, которые следует размещать таким образом, чтобы естественное равновесие склонов рельефа было нарушено минимально.

В сейсмических районах порталы не должны выходить за пределы склона. При этом конструкции порталов надлежит принимать простых геометрических форм.

Для выходных порталов водосбросных тоннелей, расположенных в районах с суровым и особо суровым климатом, следует предусматривать возможность теплозащиты их на зимний период.

Размеры и конкретные геометрические формы проточной части порталных участков следует определять гидравлическими расчетами и расчетами напряженно-деформированного состояния.

7.1.3 Водоприемники ГЭС должны удовлетворять следующим требованиям:

- пропускная способность водоприемника должна обеспечивать бесперебойную подачу воды;
- расположение водоприемника в пределах сооружений, форма подходной части и собственно водоприемника должны обеспечивать плавный вход воды в водоприемник с минимальными потерями напора;
- водоприемник должен быть оборудован затворами для прекращения доступа воды в напорный водовод в случае длительного отключения гидростанции;
- водоприемник должен быть снабжен сороздерживающими решетками, предохраняющими деривационный тоннель от влекаемых водой тел, сора и топляков, а также устройствами для очистки решеток от сора и для его удаления;
- в водоприемнике должна быть предусмотрена защита ото льда и шуги в зимний период работы.

7.1.4 За выходными порталами водосбросных тоннелей следует предусматривать концевые устройства для предотвращения недопустимого размывающего воздействия потока. При их конструировании должны:

- учитываться прогнозируемые размывы основания сооружения, русла рек и берегов, возникновение гряды отложений продуктов размыва в нижнем бьефе и сопутствующий подъем уровней воды;
- обеспечиваться гашение избыточной кинетической энергии в пределах водобойных устройств или отброс потока от сооружения с распределением его в месте сопряжения бьефов по ширине и (или) длине русла.

Для упрощения конструкций концевых устройств и создания более благоприятных условий сопряжения бьефов на выходе из водосбросных тоннелей следует предусматривать безнапорные расширяющиеся участки, а при относительно небольших перепадах на сооружении и напорные диффузоры.

Для предотвращения подмыва концевых устройств, сбрасываемым потоком, необходимо устраивать в их концевом сечении анкерные зубья с цементацией грунта. Для слива воды из наиболее заглубленного участка трамплина в случае необходимости должно быть предусмотрено специальное устройство.

7.1.5 Для предотвращения недопустимого размыва берега, расположенного напротив выхода из водосбросного тоннеля, и образования гряды отложений концевую конструкцию тоннеля, при наличии необходимого перепада между ее отметками и уровнем воды в нижнем бьефе, необходимо проектировать в виде трамплинного виража, обеспечивающего отброс потока и его разворот вдоль русла реки, или в виде трамплина с боковым сливом, распределяющим поток по длине русла.

7.1.6 При значительных напорах (более 50 м) и при скоростях потока больше размывающих на выходе, целесообразно рассматривать конструкции водосбросных тоннелей с гашением энергии в пределах тракта, что позволяет облегчить конструкции для сопряжения потоков в нижнем бьефе, обеспечить защиту обтекаемых поверхностей тоннеля от кавитационных воздействий и при расходах меньше расчетного, исключить смену безнапорного и напорного режимов течения. В качестве таких конструктивных мероприятий на тракте тоннелей при проектировании целесообразно рассматривать камеры гашения, шахтные гасители и различные схемы закрутки потока.

7.1.7 Требования к гладкости и плавности обтекаемой поверхности тоннелей должны устанавливаться из условий обеспечения пропускной способности тоннеля.

В водосбросных тоннелях при скоростях течения более 15 м/с для защиты обтекаемых поверхностей тоннелей от кавитации и кавитационной эрозии надлежит предусматривать подбор обтекаемых очертаний конструкции; использование суперкавитационных элементов конструкций и элементов, способствующих повышению давления на тракте; получение гладких обтекаемых поверхностей обделок; применение бетонов повышенной кавитационной стойкости; защитных покрытий и, особенно в случае безнапорного режима течения на тракте, устройств для аэрации пристенного слоя потока. Для защиты от транспортируемых в воде наносов и взвешенных в воде тел (бревен, льда и т.п.) необходимо использовать бетоны с повышенной износоустойчивостью, а также защитные покрытия.

7.1.8 Для тоннелей, подводящих воду к гидротурбинам или насосам, следует предусматривать возможность гидравлической промывки малыми попусками воды для очистки их от мелкого строительного мусора.

Следует также рассматривать целесообразность проведения мероприятий по обеспечению аккумуляции влекомых наносов в верхнем бьефе посредством подъема отметки водозабора после перекрытия русла реки, создания ловушек или емкости в русле реки.

7.1.9 Конструктивное решение тоннелей должно быть увязано с техническими возможностями современной техники (проходческих щитов) и механизмов для проходки пород и возведения обделок тоннелей.

7.2 Тоннели без обделки

7.2.1 Безнапорные тоннели, а также напорные тоннели при глубине их заложения не менее половины напора воды (в метрах), проходящие в очень слаботрещиноватых скальных неразмываемых грунтах (включая материал заполнения трещин) или в многолетнемерзлых скальных грунтах, не теряющих устойчивости при изменении температурного режима, следует проектировать без обделки.

При соответствующем обосновании допускается принимать глубину заложения напорных тоннелей без обделок меньше величины внутреннего давления воды.

7.2.2 При скорости течения воды свыше 10 м/с проектирование тоннелей без обделки должно быть обосновано с учетом гидравлических условий работы тоннеля и состояния скальных грунтов.

7.2.3 Начальный и концевой участки необлицованного (напорного или безнапорного) тоннеля должны предусматриваться с обделкой на длине, равной пролету (диаметру, ширине) выработки, но не менее 6 м.

7.2.4 В подводящих тоннелях (или их участки) без обделки, где возможно нарушение устойчивости отдельных блоков или участков скального массива, должны быть предусмотрены работы по закреплению этих блоков (участков скального массива) анкерами на цементном растворе и набрызг-бетоном. В лотке тоннеля должны предусматриваться специальные ловушки для потерявших устойчивость кусков породы.

7.2.5 При проектировании тоннелей без обделки должно предусматриваться технологии, обеспечивающие минимальную шероховатость поверхности тоннеля.

7.3 Обделки тоннелей

7.3.1 Для обеспечения безопасного состояния горных выработок при проходке их в недостаточно устойчивых породах следует устанавливать временную крепь, назначением которой является предотвращения развития горного давления, отслоения и падения в выработку потенциально неустойчивых блоков породы.

Временные крепи следует подразделять по их работе на поддерживающие и упрочняющие массивы горных пород.

При строительстве подземных гидротехнических тоннелей рекомендуется применять прогрессивные облегченные виды временной крепи – анкерной и набрызгбетонной крепи, упрочняющей массив горных пород.

7.3.2 Расстояние между анкерами в продольном и поперечном направлениях для сводчатой части выработки следует принимать наименьшим (но не менее 1 м.), определенным по условиям:

- образования породного свода;
- устойчивости породы между анкерами;
- прочности закрепления анкера.

7.3.3 Необходимость применения анкерной крепи для стен выработок должна быть обоснована с учетом конкретных инженерно-геологических условий и напряженного состояния массива горных пород.

7.3.4 Выравнивающие обделки следует предусматривать из монолитного бетона или набрызг-бетона.

Допускается применять выравнивающие обделки свода и стен тоннеля из набрызг-бетона при скоростях воды в тоннеле не более 10 м/с; при больших скоростях их применение должно быть обосновано. Устройство выравнивающих обделок из набрызг-бетона не допускается для участков, лежащих на глубине более 10 м ниже уровня подземных вод.

Лоток при выравнивающих обделках следует предусматривать бетонным.

Выравнивающие обделки в напорных тоннелях следует применять при глубине заложения тоннелей не менее половины величины внутреннего напора воды.

7.3.5 Основные виды несущих обделок напорных и безнапорных тоннелей и область их применения должны соответствовать указанным в таблице 2.

При щитовом способе проходки тоннеля допускается применять обделки из монолитно-прессованного бетона и новые виды конструкций сборных круглых обделок, позволяющих исключить необходимость устройства внутренней вторичной обделки (железобетонная обделка с запирающимися сегментами, железобетонная обделка с конусными соединительными головками, предварительно напряженная железобетонная обделка, сотовая железобетонная обделка, обделка из сталебетонных блоков, сталежелезобетонных блоков). Применение такой обделки обосновывается расчетом.

Применение обделки из набрызг-бетона с анкерной крепью допускается для тоннелей при глубине их заложения не менее половины величины внутреннего напора воды. В средне- и сильнотрещиноватых грунтах набрызг-бетон необходимо выполнять по металлической сетке.

Сцепление набрызг-бетона с грунтом должно быть не менее 0,5 МПа. При соответствующем экспериментальном обосновании допускается применять обделки из набрызг-бетона при меньшем сцеплении.

При воздействии на обделку из набрызг-бетона грунтовых вод или при цементации грунта сцепление обделки с грунтом должно быть не менее удвоенного значения давления грунтовых вод.

В грунтах с коэффициентом крепости f от 4 до 8 для комбинированной обделки из внутренней железобетонной оболочки и наружного сборного железобетонного кольца взамен железобетонной оболочки допускается применять железоторкретную.

7.3.6 Несущие обделки тоннелей надлежит проектировать как нетрещиностойкими (рассчитываемыми по величине раскрытия трещин), так и трещиностойкими (образование трещин не допускается).

Бетонные и железобетонные обделки тоннелей следует, как правило, предусматривать нетрещиностойкими.

Трещиностойкими должны быть обделки тоннелей, сооружаемых в зонах с выделением сероводорода и в грунтах, подверженных суффозии, выщелачиванию, при гидрокарбонатной щелочности воды в тоннеле менее 0,25 мг-экв/л, а также в случаях, когда фильтрация воды может вызвать снижение долговечности обделки и устойчивости грунтового массива.

7.3.7 Толщина бетонной или железобетонной несущей обделки должна быть не более 0,15 внутреннего радиуса r_i поперечного сечения тоннеля при круговом его очертании или 0,15 половины ширины сечения b при некруговом очертании.

Если по условиям трещиностойкости требуется увеличение толщины обделки напорных тоннелей, следует рассмотреть возможность применения материала обделок с меньшими значениями модулей упругости, чем у тяжелых бетонов, или улучшения деформационных характеристик грунтов путем их укрепительной цементации, или применения предварительно напряженной железобетонной обделки тоннеля на напрягающем цементе. При этом решение по улучшению деформационных характеристик грунтов путем их укрепительной цементации должно приниматься на основе технико-экономического сопоставления вариантов после выполнения укрепительной цементации на опытном участке.

Таблица 2 – Основные виды несущих обделок напорных и безнапорных тоннелей

Обделка	Коэффициенты крепости f и удельного отпора грунта K_0 , Н/см ³ (кгс/см ³)								
	$f > 8$; $K_0 > 5000$ (500)			F от 4 до 8; $K_0 = 2000-5000$ (200-500)			$f < 8$; $K_0 < 2000$ (200)		
	Напоры воды, м								
	менее 30*	от 30 до 100	свыше 100	менее 30*	от 30 до 100	свыше 100	менее 30*	от 30 до 100	свыше 100
Монолитная: бетонная из прессованного бетона набрызг-бетонная с анкерами железобетонная	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	-	-	-	+	-	-	+	-	-
	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	-	-	+	-	+	+	+	+	+
Комбинированная: внутренняя железоторкретная оболочка, наружный монолитный бетон внутренняя стальная оболочка, наружный монолитный бетон или железобетон внутренняя железобетонная оболочка, наружное сборное железобетонное кольцо	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	+	-	-	+
	-	-	-	+	-	-	+	+	-

*В том числе безнапорные тоннели.

Примечание - 1 «+» означает возможность применения, знак «-» недопустимость применения.

2 Применение обделок других видов, не приведенных в таблице, допускается при надлежащем обосновании.

7.3.8 Минимальную толщину обделок гидротехнических тоннелей следует принимать не менее, см:

- для монолитных бетонных и железобетонных.....20;
- для внутренней монолитной железобетонной оболочки комбинированных обделок.....10;
- для сборных железобетонных.....10;
- из набрызг-бетона:
- несущих.....10;

- выравнивающих.....5;
- из железоторкрета.....5.

7.3.9 Проценты армирования нетрещиностойких железобетонных обделок напорных тоннелей следует определять из условия ограничения раскрытия трещин (согласно таблице 7) и фильтрационных потерь, но принимать не менее 0,5 %.

Для трещиностойких обделок напорных тоннелей сооружаемых в грунтах с коэффициентом крепости $f < 4$ минимальное армирование необходимо принимать 0,3 %, в грунтах с $f \geq 4$ – 0,15 %.

Минимальное армирование железоторкретных оболочек следует принимать не ниже 1 %.

7.3.10 В железобетонных обделках напорных тоннелей при двухрядном расположении арматуры основную часть расчетной арматуры (60 – 79 %) следует располагать у внутренней поверхности обделки.

В прочных однородных грунтах, а также при использовании временной крепи из металлических арок допускается установка однорядной арматуры, располагаемой у внутренней поверхности обделки.

Продольную распределительную арматуру следует размещать с внутренней поверхности от рабочей с шагом не более 25 см.

В неоднородных грунтах, при карстовых пустотах, тектонических и других нарушениях грунтового массива надлежит предусматривать конструктивные мероприятия, исключающие образование трещин с раскрытием более допустимого.

В железобетонных обделках безнапорных тоннелей размещение арматуры определяется расчетом по предельным состояниям первой группы.

7.3.11 Толщину защитного слоя для рабочей арматуры монолитных железобетонных обделок следует принимать не менее:

- 30 мм при толщине обделки до 30 см;
- 40 мм при толщине обделки до 50 см;
- 50 мм при толщине обделки свыше 50 см.

В агрессивной воде-среде толщина защитного слоя увеличивается на 10 мм.

Минимальную толщину защитного слоя для распределительной арматуры следует принимать на 10 мм меньше, чем для рабочей.

Для сборных элементов обделки толщину защитного слоя допускается уменьшать на 10 мм по сравнению с установленной для монолитных обделок.

Толщину защитного слоя лотка и стен тоннеля необходимо устанавливать с учетом их истирания наносами, но не менее 50 мм.

7.3.12 На участках разветвления напорных тоннелей и их сопряжения со зданиями ГЭС, гидроаккумулирующих (ГАЭС) и напорных (НС) электростанций, затворными камерами и другими аналогичными сооружениями следует применять стальную облицовку.

Длину (границы) участков комбинированной обделки с внутренней стальной оболочкой надлежит определять на основе следующих критериев:

- несущей способности вмещающего грунтового массива;

- длины пути и размера фильтрации из тоннеля в соседние «сухие» подземные сооружения или в направлении поверхности Земли;
- по условиям защиты от кавитационных воздействий.

Размеры затрубного пространства – зазоры между габаритами стальной конструкции и выработки (временной крепи) – следует принимать минимальными с учетом требований техники безопасности при проведении строительно-монтажных работ.

При двухсторонней сборке и сварке рекомендуется предусматривать сплошной проход для человека в затрубном пространстве.

В конце стальной облицовки камеры при безнапорном режиме течения за затвором необходимо рассмотреть целесообразность устройства аэратора с подводом к нему воздуха.

7.3.13 Деформационные швы следует располагать в местах примыкания к камерам и на участках тоннеля, где элементы обделки могут смещаться.

7.3.14 Для обеспечения водонепроницаемости строительных и деформационных швов обделок напорных тоннелей необходимо предусматривать в швах установку диафрагм, шпонок или других уплотнений.

7.3.15 Заполнительная цементация в тоннелях с обделкой должна предусматриваться во всех случаях, за исключением тоннелей с обделками из набрызг-бетона или прессованного бетона, а также наклонных (с углом наклона к горизонту более 30^0) и вертикальных водоводов с обделкой из литого бетона.

7.3.16 При проектировании обделок напорных тоннелей, располагаемых в трещиноватых грунтах, следует, как правило, предусматривать укрепительную и противофильтрационную цементацию.

7.3.17 Для улучшения условий работы конструкции обделки, воспринимающей давление подземных вод, следует рассматривать целесообразность применения дренажных устройств и анкеровки обделки в грунт.

7.3.18 При проектировании безнапорных тоннелей, располагаемых в многолетнемерзлых грунтах, необходимо предусмотреть мероприятия, исключающие обледенение сводовой части, а также морозное пучение из-за сезонного оттаивания и замерзания грунтов выше уровня протекающей воды.

7.3.19 В многолетнемерзлых сильнольдистых грунтах следует применять податливые конструкции обделок (из железобетонных анкеров, набрызг-бетона), а также другие конструкции, способные перераспределять усилия в своих элементах без нарушения их целостности.

7.3.20 При проектировании тоннелей, располагаемых в многолетнемерзлых грунтах, необходимо учитывать возможность осадки тоннеля и поверхности над ним вследствие оттаивания грунтов.

8 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТОННЕЛЕЙ

8.1 Общие конструктивные требования

8.1.1 Компоновка и конструктивные особенности каждого вида механического оборудования должны разрабатываться с учетом:

- обеспечения надежной работы оборудования в шахтных и аварийных условиях эксплуатации;
- удобства, доступности и безопасности эксплуатационного обслуживания оборудования, механизации ремонтных работ, монтажа, демонтажа, транспортирования;
- предотвращения обледенения элементов затворов, затворных камер, воздухопроводов;
- соблюдения санитарных и экологических требований;
- обеспечения пожарной безопасности.

8.1.2 При проектировании входных и выходных участков гидротехнических тоннелей должны предусматриваться устройства или мероприятия, обеспечивающие опорожнение проточного тракта, их осмотр, ремонт или реконструкцию.

8.1.3 Состав, параметры, условия и режим эксплуатации механического оборудования должны разрабатываться на период постоянной эксплуатации тоннеля с учетом этапности его возведения, строительного периода и временной эксплуатации объекта.

8.1.4 Механизмы индивидуальных приводов затворов, маслоснабженные установки гидропривода и аппаратуры управления должны быть защищены от атмосферных осадков шатрами или стационарными помещениями.

8.1.5 Затворы с индивидуальными приводами в районах с суровым климатом должны обслуживаться в закрытых помещениях. Маслоснабженные установки, аппаратура управления и контроля должны располагаться в отапливаемых вентилируемых помещениях.

8.1.6 Электроснабжение подъемных механизмов основных и аварийно-ремонтных затворов должно предусматриваться от двух распределительных устройств, каждое которых получает питание от независимых источников, а также от автономного источника, находящегося вне зоны возможного повреждения в случае чрезвычайной ситуации (аварии) на гидротехническом сооружении или в энергосистеме.

8.1.7 Система управления должна исключать возможности самопроизвольного включения в работу элементов системы управления.

8.1.8 Все грузоподъемные механизмы должны иметь средства для контроля веса поднимаемого груза, и в случае превышения установленной грузоподъемности, работа механизмов должна блокироваться и должны включаться световой и звуковой сигналы. Повторное включение механизма может быть проведено только после деблокировки (снятие запрета на подъем), которая должна выполняться в системе управления механизма персоналом.

8.1.9 При проектировании механического оборудования следует учитывать опыт эксплуатации аналогичных сооружений и оборудования в аналогичных природно-климатических условиях действующих гидроузлов.

8.2 Затворы

8.2.1 Тип основных затворов на входных порталах тоннелей (плоские, сегментные и другие), их количество и параметры должны определяться в зависимости от напора и пропускаемого объема воды.

8.2.2 Основные затворы должны быть рассчитаны на подъем и опускание при максимальном напоре.

8.2.3 Для каждого аварийно-ремонтного затвора должны быть четко определены требования к выполняемым им в аварийных ситуациях функциям.

8.2.4 Ремонтные затворы следует размещать перед основными или аварийно-ремонтными затворами для обеспечения ремонта тоннелей, основных и аварийно-ремонтных затворов.

8.2.5 В качестве ремонтных затворов должны применяться, как правило, плоские скользящие затворы. Их подъем и опускание следует производить при выровненных уровнях.

8.2.6 Техническое освидетельствование механического оборудования должно проводиться в сроки, установленные правилами их эксплуатации, но не реже 1 раза в 5 лет.

8.2.7 Технические освидетельствования с инструментальным обследованием состояния затворов, находящихся в эксплуатации 25 лет и более, должны проводиться не реже чем через 5 лет.

8.2.8 Обследование канатов, тяговых органов, изоляции проводов и заземления, состояния освещения и сигнализации грузоподъемного оборудования следует проводить не реже 1 раза в год.

8.3 Затворные камеры тоннелей

8.3.1 Затворные камеры гидротехнических тоннелей должны обеспечивать:

- пропускную способность при полном открытии затворов;
- противокавитационную стойкость элементов камеры и затворов;
- способность конструктивных элементов камеры и затворов длительное время воспринимать повышенные гидродинамические нагрузки, возникающие при резкой деформации потока;
- способность конструкции затворов воспринимать усилия от гидравлического удара, волн прорыва и возможного удара грязекаменных потоков;
- благоприятный режим течения на нижележащем участке тоннеля.

8.3.2 Верховая часть камеры, находящаяся выше основных затворов, при всех открытиях последних должна, как правило, работать в условиях напорного режима течения. Это требование обеспечивается конфузорностью проточной верховой части камеры.

8.3.3 В водосбросных тоннелях, транспортирующих влекомые наносы и имеющие повороты в плане, затворные камеры необходимо располагать на прямолинейных участках трассы. Ближайший поворот тоннеля перед затворной камерой должен отстоять

от нее на расстоянии, достаточном для затухания поперечной циркуляции в потоке и обеспечения равномерного распределения наносов по пролетам, а также внутри каждого пролета камеры затворов.

8.3.4 При использовании в конструкциях затворных камер стальных облицовок необходимо обеспечивать прочное и жесткое закрепление стальных листов в конструкции, гарантирующие его совместную работу с бетоном, по крайней мере, на участках крепления. Закрепление следует предусматривать с помощью ребер жесткости и анкеров, расположенных в углах и по длине элемента.

8.3.5 На безнапорных низовых и сопрягающих участках затворных камер, расположенных в грунтовом массиве, имеющем достаточную несущую способность, надлежит рассматривать целесообразность конструкции обделки, прианкеренной к грунту.

9 ДРЕНАЖ И ЦЕМЕНТАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТОННЕЛЕЙ

9.1 Общие конструктивные требования

9.1.1 При проектировании гидротехнических тоннелей, трасса которых проходит через породы, не обладающие достаточной прочностью и/или характеризующиеся значительным водонасыщением и сложным режимом грунтовых вод, а также через породы, размокание которых фильтрующей из тоннеля водой может привести к потере их прочности, необходимо предусматривать устройство дренажа и цементацию грунтов.

9.1.2 В проектной документации дренажей и цементации следует указывать:

- требования к производству работ;
- допуски в отклонении от размеров элементов конструкций;
- специальные мероприятия, гарантирующие требуемое качество работ;
- способы контроля качества выполненных работ (продувка сжатым воздухом, прокачка водой, испытание герметичности).

9.1.3 Применение дренажа, противофильтрационной цементации, их сочетания или обделок, воспринимающих полное гидростатическое давление грунтовых вод, определяется технико-экономическим сопоставлением вариантов.

9.2 Дренаж

9.2.1 Дренаж в гидротехнических тоннелях применяется для:

- снижения (частично или полностью) давления грунтовых вод на обделки;
- повышения долговечности сооружения при снижении градиентов напора и расхода воды, фильтрующейся через обделку;
- предохранения от потери устойчивости (выпучивания) металлической облицовки напорных тоннелей при их опорожнении;
- облегчения выполнения подземных строительных работ в водообильных породах.

Дренажи следует применять также тогда, когда в естественных условиях грунтовые воды отсутствуют, но есть опасность размокания пород с потерей их прочности,

выщелачивания или потери устойчивости оползневого склона в связи с фильтрацией воды из тоннеля в период эксплуатации.

9.2.2 Выбор типа дренажных систем, применяемых в гидротехнических тоннелях (таблица 3), зависит от:

- геологических и гидрогеологических условий;
- физико-химических процессов в породе, вызываемых движением грунтовых и поверхностных вод и влиянием метеорологических факторов;
- конструкции и материала обделок тоннеля, условий его работы;
- условий строительства и эксплуатации тоннеля и дренажа.

9.2.3 В случаях, когда при нормальной работе напорного гидротехнического тоннеля не требуется разгрузка обделки от давления грунтовых вод, а разгрузка дренажем необходима при опорожнении тоннеля, следует применять регулируемый дренаж, который может выполняться, например, в виде:

- задвижек, устраиваемых на коллекторных трубах, в местах, доступных для осмотра или контроля в любой период эксплуатации;
- автоматических обратных клапанов, открывающихся под давлением грунтовой воды.

Для увеличения надежности своевременного открытия и закрытия задвижек дренажа целесообразно управление ими автоматизировать, заблокировав электромеханическим управлением с работой затворов гидравлического тоннеля.

9.2.4 Для осмотра и ремонта дренажей (например, замены фильтров) необходимо, где это возможно, предусматривать устройство смотровых колодцев, лазов, люков и т.п. или делать дренажи проходимыми.

9.2.5 Дренажи следует проектировать так, чтобы исключить возможность замерзания воды в них и в водоотводных устройствах.

9.2.6 В сейсмических районах дренажные устройства необходимо проектировать с учетом требований СНиП II-7.

9.2.7 Профильтрованная в дренажи вода может отводиться:

- внутрь водопроводящего тоннеля;
- самотеком на дневную поверхность;
- в нижерасположенные водопроницаемые водоносные пласты;
- откачкой насосами.

Таблица 3 – Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей

Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей	Область применения	Основные требования при проектировании
Дренажные тоннели: однорядные многоярусные	В однородных породах. При переслаивании водонепроницаемых пород (при наличии нескольких водоносных горизонтов)	1 Размеры дренажных тоннелей определяются расходом пропускаемой ими воды, условиями строительства и эксплуатации. 2 В плане в зависимости от местных условий выполняются: - прямолинейными и криволинейными (полигональными); - замкнутыми и незамкнутыми непрерывными и поучастковыми. 3 Располагаются с верхней стороны потока грунтовых вод, чтобы полнее его перехватывать. 4 В лотковой части следует устраивать водоотводящую канаву, обеспечивающую полный сток дренажных вод. 5 Уклон дна должен назначаться из условий: - недопущения размыва и заиливания водоотводящих канав; - удобства производства работ по проходке тоннеля и его эксплуатации. 6 Крепление выработки назначается в зависимости от прочности пород, учитывая необходимость иметь большую водопроницаемость обделки; в крепях и устойчивых породах дренажные тоннели допускается оставлять незакрепленными. 7 При длине более 200 м должны предусматриваться ниши-убежища выше подошвы на 0,5 м через каждые 100 м в шахматном порядке.

Таблица 3 – Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей
(продолжение)

Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей	Область применения	Основные требования при проектировании
Скважинный дренаж: вертикальные восходящие скважины вертикальные нисходящие скважины горизонтальные и слабонаклонные скважины	Наличие нескольких водоносных горизонтов 1 Наличие нескольких водоносных горизонтов. 2 Расположение ниже гидротехнического тоннеля пластов с большой водопроницаемостью и незначительными напорами грунтовых вод: система скважин, прорезающих дренируемый массив и нижележащий проницаемый пласт, снижает свободную поверхность грунтовых вод (или их пьезометрическую поверхность). Слоистые породы с крупнопадающими пластами максимальный эффект достигаются, если дрены расположены нормально к пластам.	1 Устья скважин должны быть доступны для осмотра, монтажно-демонтажных работ и измерения дебита и напора. 2 Устья скважин, направленных наклонно или вертикально вниз, должны быть надежно предохранены от попадания в них поверхностных вод и посторонних предметов. 3 Длину скважин следует принимать до 100 м, диаметр скважины - в пределах 50 - 150 мм. 4 Нерабочие участки скважин, проходящие в слабых породах, необходимо закреплять обсадными трубами (из нержавеющей стали, чугунными, асбоцементными, пластмассовыми). 5 Лучевые скважины бурятся в виде пучка или веерообразно из специальных ниш, камер и шахт или непосредственно из выработки тоннелей.
лучевые (горизонтальные, вертикальные и наклонные скважины)	При большом объеме водонасыщенной породы	

Таблица 3 – Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей
(продолжение)

Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей	Область применения	Основные требования при проектировании
Шпуровой дренаж	Для разгрузки обделок тоннелей от давления грунтовых вод	1 Выполняется в виде системы шпуров диаметром 50 - 100 мм и длиной в нескольких метров. 2 При равномерной трещиноватости породы шпуров пробуриваются нормально к поверхности обделки. 3 При неравномерной трещиноватости (слоистости) и фильтрационной анизотропии породы шпуров следует ориентировать с учетом этих особенностей.
Трубчатый дренаж (продольный, поперечный, комбинированный)	1 Контакт бетонных (железобетонных) обделок с породой или металлической облицовкой. 2 Внутри бетонных (железобетонных) обделок	Выполняются в виде: цилиндрических полостей, создаваемых извлекаемыми полостеобразователями перфорированных труб, обмотанных стеклотканями, или труб из пористого материала, оставляемых в обделках скважин, пробуренных в бетоне.
Ленточный дренаж (продольный, поперечный)	Безнапорные тоннели	1 Выполняются на контакте породы с обделкой в виде полостей, заполненных фильтрующим материалом: песком, гравием, щебнем, стекловатой, шлаковатой, пористым бетоном (сборным или монолитным). Вяжущие для пористого бетона (цемент, битум, полимерные смолы) должны назначаться в зависимости от химического состава грунтовой воды. 2 Размещается в породе в специальных нишах (штрабах, канавах, траншеях) или в пределах сечения обделки тоннеля. 3 Прискальные ленточные дрены выполняются с использованием резиновых лент или гибких пластмассовых перфорированных труб (в местах крутых поворотов и изгибов дрен – гофрированных труб), прикрытых шлаковатым ковром и прижатых к скале сеткой, закрепленной специальными анкерами. Для защиты шлаковатного ковра от механического воздействия бетонной смеси (нарызг-бетона) его следует покрывать хлорвиниловой пленкой.

Таблица 3 – Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей
(окончание)

Типы дренажных систем гидротехнических тоннелей	Область применения	Основные требования при проектировании
Сплошной дренаж	Устойчивые породы, характеризующиеся умеренной водопроницаемостью	Выполняется в виде: - прослойка из фильтрующего материала (песок, гравий, щебень, пористый бетон, шлаковата, стекловата и т.п.), расположенных по контуру обделки с породой; - полостей между породой и несущей (декоративной) облицовкой; - открытой необлицованной поверхности породы.
Дренаж в виде разгрузочных отверстий (коротких шпуров) в обделке тоннеля	1 Для разгрузки обделок тоннелей от давления грунтовых вод, организованного их отвода в местах мокрых пятен и течей, обнаруживаемых во время эксплуатации тоннеля. 2 Для разгрузки металлических облицовок в напорных тоннелях при их опорожнении. 3 При малопроницаемых скальных породах.	Выполняется в виде отверстий, разбуриваемых в обделке с заглублением в породу на 50 - 60 см. При наличии металлической облицовки разгрузочные отверстия рассверливаются с некоторым заглублением в бетон обделки, после чего завариваются в пределах толщины облицовки.
Комбинированные дренажи	При различии условий применения разных типов дренажных систем (см. п.9.2.2) на трассе тоннеля	В зависимости от геологических, гидрогеологических условий, а также конструктивных особенностей тоннеля на различных его участках применяются соответствующие типы дренажных систем.

9.2.8 Выпуск дренажной воды внутрь гидротехнических тоннелей допустим при соблюдении следующих условий:

- внутренний напор в тоннеле не превосходит минимального напора грунтовых вод;
- отсутствует опасность загрязнения транспортируемой по тоннелю воды вредными продуктами выщелачивания горных пород;
- скорость воды в тоннеле и конструкция выпусков исключают возможность возникновения кавитации;

- передача пульсационного давления потока в дренажи не представляет для них опасности;

- замерзание воды в тоннеле не приводит к нарушению работы дренажа.

9.2.9 Отвод воды на дневную поверхность следует производить на участки местности, с которых невозможна подпитка вод в районе дренируемого сооружения.

При наличии вспомогательных выработок, устраиваемых на период строительства, следует рассматривать возможность их использования для отвода грунтовых вод.

9.2.10 Сброс дренажной воды в нижерасположенные пласты породы допускается, если они имеют достаточную поглощающую способность, и дополнительная подпитка пласта не вызовет отрицательных последствий (например, загрязнения подземных вод, создания со временем подпора подземных вод).

9.2.11 Откачка дренажной воды насосами допускается при невозможности обеспечения самотечного отвода или перепуска в нижележащие пласты.

9.2.12 Продольный профиль дренажных и водоотводных выработок рекомендуется назначать с таким расчетом, чтобы вода по ним стекла самотеком в пониженные места рельефа.

9.2.13 У порталов водоотводных (дренажных) тоннелей следует предусматривать заграждения с воротами (дверями) и (в необходимых случаях) помещения для хранения оборудования, связанного с эксплуатацией этих тоннелей и проведением натурных наблюдений.

9.3 Цементация в гидротехнических тоннелях

9.3.1 Цементация в гидротехнических тоннелях производится с целью:

- противофильтрационного уплотнения горных пород вокруг тоннеля в зоне заданной глубины инъекции (противофильтрационная цементация);

- уменьшения гидростатического давления подземных вод на обделку тоннеля и уменьшения фильтрационных потерь воды через обделку в окружающие тоннель породы;

- создания в определенной зоне вокруг тоннеля предварительного обжатия пород путем применения повышенных инъекционных давлений;

- предохранения пород от химической и механической суффозии, которые могут наблюдаться при наличии в породах растворимых минералов (гипс, ангидрит, каменная соль и др.) или при наличии пород, поддающихся растворению, как например, известняки, аргиллиты, глинистые сланцы.

С помощью противофильтрационной завесы, расположенной вокруг тоннеля, можно практически полностью преградить пути движения к нему грунтовых вод.

9.3.2 При проектировании противофильтрационных завес необходимо учитывать, что наибольшее снижение депрессионной поверхности получается при совместном действии завесы и дренажа. Дренаж при этом должен располагаться у защищаемого тоннеля или между ним и завесой.

9.3.3 В гидротехнических тоннелях, снабженных системой дренажа, скважины для цементации (если последняя выполняется после устройства дренажа) должны располагаться с таким расчетом, чтобы в процессе цементации была исключена

возможность забивки дренажа, или предусматриваться вспомогательные защитные элементы, предотвращающие забивку дренажа цементом. В процессе цементации рекомендуется промывать дренаж, если это позволяют конструкции дренажа и тоннеля. Цементация после устройства дренажа может производиться при особом обосновании.

9.3.4 Работы по противοфильтрационной цементации следует выполнять до постановки тоннеля под напор.

9.3.5 Давление нагнетания при выполнении противοфильтрационной цементации должно назначаться с превышением давления грунтовых вод, наблюдающегося во время проведения цементационных работ.

9.3.6 Допустимые средние градиенты напора $J_{дон}$ в зоне противοфильтрационной цементации в зависимости от перепада напора H в этой зоне, ее водопроницаемости, характеризуемой удельным водопоглощением q (и соответствующим ему коэффициентом фильтрации k), следует принимать не более значений, производимых в таблице 4.

Примечание - 1 Данные Таблицы 4 относятся к цементным растворам в скальной породе.

2 Под термином «зона противοфильтрационной цементации» понимается объем зацементированной породы в пределах проектного очертания зоны цементации.

3 Под средним градиентом напора понимается отношение потери напора в зоне противοфильтрационной цементации к толщине этой зоны.

4 В цементации, замкнутой вокруг тоннеля, максимальный градиент напора $J_{дон}$ на внутреннем контуре зоны цементации разрешается принимать в два раза больше среднего градиента. Максимальный градиент определяют по формуле:

$$J_{\max} = \frac{H}{r} / \ln \frac{R}{r}, \quad (1)$$

где R, r - радиусы, соответственно, внутреннего и внешнего контура цементации.

Таблица 4-Допустимые средние градиенты напора $J_{дон}$ в зоне противοфильтрационной цементации

Н, м	При обеспечении плотности (водопроницаемости) зоны цементации с удельным водопоглащением q , л/мин·м ² , не более	При коэффициенте фильтрации k , м/сут, не более	Допустимый средний градиент $J_{дон}$
Менее 30	0,05	0,05	10
От 30 до 100	0,03	0,03	15
Более 30	0,01	0,01	20

9.3.7 Если к цементации предъявляется требование защиты обделок от агрессивного воздействия грунтовых вод или защиты от фильтрации в растворимых породах, то удельное водопоглощение не должно быть более $0,01 \text{ л/мин}\cdot\text{м}^2$.

10 НАГРУЗКИ, ВОЗДЕЙСТВИЯ И ИХ СОЧЕТАНИЯ

10.1 Нагрузки и воздействия и их сочетания принимаются в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07, СН РК 3.04-01, СНиП РК 3.04-40.

При расчете гидротехнических тоннелей на сейсмическое воздействие следует учитывать требования СНиП II -7 и СНиП РК 2.03-30.

10.2 К постоянным нагрузкам и воздействиям относят:

- горное давление;
- вес обделки;
- воздействия предварительного напряжения.

10.3 К временным длительным нагрузкам относят:

- внутреннее давление воды в тоннеле при нормальном подпорном уровне воды в водохранилище;

- давление подземных вод.

10.4 К кратковременным нагрузкам и воздействиям относят:

- пульсационные составляющие давления потока воды;

- внутреннее давление воды, возникающее от гидравлического удара при нормальной эксплуатации тоннеля;

- температурные климатические воздействия;
- давление раствора на обделку при цементации;
- давление от механизмов при производстве работ.

10.5 К особым нагрузкам и воздействиям относят:

- сейсмические и взрывные воздействия;

- внутреннее давление воды в тоннеле при форсированном подпорном уровне в водохранилище или от действия гидравлического удара при полном сбросе нагрузки;

- усилия, возникающие вследствие изменения температуры, набухания и усадки бетона, ползучести грунтов;

- давление раствора на стальную оболочку при цементации;
- давление на стальную оболочку от свежееуложенного бетона;
- давление гидравлического испытания (для стальных оболочек).

10.6 Гидротехнические тоннели следует рассчитывать на основные и особые сочетания нагрузок и воздействий согласно СН РК 3.04-06.

Основные сочетания нагрузок и воздействий включают постоянные и временные нагрузки и воздействия.

Особые сочетания составляют постоянные, временные (длительные и кратковременные) и одну (одно) из особых нагрузок и воздействий,

Состав особых нагрузок, учитываемых в расчетах на особые сочетания, определяется в зависимости от особенностей конструкции проектируемого тоннеля, а также условий его строительства и эксплуатации.

В сочетания нагрузок и воздействий должны включаться только те из кратковременных нагрузок и воздействий, которые могут действовать одновременно.

10.7 Нагрузки и воздействия следует принимать в наиболее неблагоприятных, но возможных сочетаниях отдельно для строительного, эксплуатационного и ремонтного периодов.

10.8 Коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f при расчете обделок тоннелей на прочность и устойчивость (предельные состояния первой группы) следует принимать по таблице 5.

При расчетах по предельным состояниям второй группы коэффициент надежности по нагрузкам следует принимать равным 1.

Таблица 5 - Коэффициенты надежности по нагрузкам

Нагрузки и воздействия	Коэффициент надежности по нагрузкам γ_f
Вертикальное горное давление:	
от веса грунтов при сводообразовании	1,5
от веса всей толщи грунтов над тоннелем или от веса нарушенной зоны	1.1 (0,9)
Горизонтальное горное давление	1,2 (0,8)
Вес обделки	1,2 (0,9)
Внутреннее давление воды (с учетом гидравлического удара)	1,0
Давление:	
пульсации потока воды	1,2
подземных вод	1,1 (0,9)
раствора при цементации	1,2 (1,0)
от механизмов	1,2
Примечание - Значения коэффициентов надежности по нагрузкам, указанные в скобках, относятся к случаям, когда применение меньшего значения коэффициентов приводит к невыгодному случаю загрузки обделки тоннеля.	

10.9 Определение величины горного давления, а также естественного напряженного состояния грунтового массива необходимо выполнять согласно 10.10-10.17 и на основании опыта строительства и эксплуатации тоннелей в аналогичных инженерно-геологических условиях.

Горное давление допускается принимать равным давлению, оказываемому массой грунта в объеме нарушенной зоны, определенной геофизическими измерениями.

Для безнапорных тоннелей I класса и напорных тоннелей I и II классов значения горного давления должны быть уточнены на стадии рабочей документации на основании натурных исследований на участках с характерными инженерно-геологическими условиями.

10.10 Нормативное вертикальное горное давление в грунтах с $f < 4$ при расстоянии от кровли выработки до дневной поверхности больше удвоенной высоты свода обрушения следует принимать равным давлению, оказываемому массой грунтов в объеме,

ограниченном сводом обрушения. При меньшем заглублении тоннеля горное давление принимается равным давлению всей толщи грунта над ним.

10.11 Нормативное вертикальное горное давление g_{qzn} , кН/м², при сводообразовании в грунтах с коэффициентом крепости $f < 4$ определяется по формуле:

$$g_{qzn} = \beta \rho g h_q, \quad (2)$$

где β – коэффициент, принимаемый в зависимости от пролета выработки b равным: 0,7 при $b \leq 5,5$ м; 1,0 при $b \geq 7,5$ м; интерполяцией между 0,7 и 1,0 при $5,5 < b < 7,5$ м;

ρ – плотность грунта, т/м³;

$g = 9,81 \approx 10$ м/с²;

h_q – высота свода обрушения, м; определяется по формуле:

$$h_q = \frac{b_q}{2f}; \quad (3)$$

b_q – пролет свода обрушения, м; определяется по формуле:

$$b_q = b + 2h \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right); \quad (4)$$

h – высота выработки, м;

φ – кажущийся угол внутреннего трения ($\varphi = \operatorname{arctg} f$).

Распределение вертикального горного давления принимается равномерным по пролету обделки.

10.12 Нормативное вертикальное горное давление g_{qzn} , кН/м², в грунтах с $f \geq 4$ следует принимать равным давлению грунтов в объеме нарушенной зоны, установленной по данным натурных исследований, а при их отсутствии – по формуле:

$$g_{qzn} = \beta \rho g h_{q1}, \quad (5)$$

где $h_{q1} = k_a b$ – глубина нарушенной зоны, м;

k_a – коэффициент, принимаемый по таблице 6 в зависимости от трещиноватости пород.

Таблица 6 – Значения коэффициент k_a в зависимости от трещиноватости пород

Коэффициент крепости грунта f	Коэффициент k_a при породах		
	слаботрещиноватых	среднетрещиноватых	сильнотрещиноватых
4	0,2	0,25	0,3
От 5 до 8	0,1	0,2	0,25
10 и более	0,05	0,1	0,15

Распределение вертикального горного давления по пролету обделки принимается с учетом напластования, систем трещин и других особенностей грунтового массива.

В очень слаботрещиноватых грунтах при глубине нарушенной зоны более 1,5 м нормативное вертикальное горное давление g_{qzn} следует уменьшать на 20 %.

При комбайновой проходке значение k_a допускается уменьшать на 30 %.

10.13 Нормативное горизонтальное горное давление g_{qzn} , кН/м², определять:

при сводообразовании в грунтах $f < 4$ – по формуле:

$$g_{qzn} = \rho g (h_q + 0,5h) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (6)$$

при заглублении кровли менее удвоенной высоты свода обрушения в грунтах с $f < 4$ – по формуле (6) с заменой численного значения h_q на расстояние от кровли выработки до дневной поверхности.

Распределение горизонтального горного давления должно быть равномерным по высоте обделки.

10.14 Нормативное горизонтальное горное давление в слабо- и среднетрещиноватых грунтах с $f \geq 4$ при высоте тоннеля менее 6 м допускается не учитывать, а при высоте более 6 м - определять из условия предельного равновесия отдельных скальных блоков, отсеченных трещинами.

Нормативное горизонтальное горное давление в сильнотрещиноватых грунтах с $f \geq 4$ допускается учитывать по формуле:

$$g_{qzn} = 0,1 \rho g h. \quad (7)$$

10.15 Для выработок глубокого заложения (свыше 400 м) горное давление следует определять с учетом пластического состояния грунтов и других специфических явлений.

При отсутствии необходимых данных допускается на начальных стадиях проектирования выработок глубокого заложения определять горное давление на основе опыта строительства тоннелей в аналогичных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях.

10.16 В выработках глубокого заложения, расположенных в глинистых и других слабых грунтах с $f < 4$, оказывающих значительное равномерное давление на конструкцию тоннеля, нагрузку на обделку следует определять с учетом ожидаемых смещений грунта до устройства временной крепи и податливости этой крепи в соответствии с требованиями СП РК 2.03-106, а также податливости самой обделки.

10.17 При расчете обделки горное давление необходимо определять по характеристикам грунтов с учетом условий эксплуатации (изменения свойств массива грунтов при их водонасыщении).

10.18 При расчете обделок напорных тоннелей, располагаемых в водопроницаемых грунтах, включение в одно сочетание нагрузок от внутреннего давления воды и наружного давления подземных вод не допускается. В исключительных случаях, когда во всех возможных (включая аварийные) эксплуатационных ситуациях гарантировано

всестороннее равномерное наружное давление воды непосредственно на обделку, допускается включать в одно сочетание с внутренним давлением минимальное значение наружного давления подземных вод с коэффициентом надежности по нагрузкам, равным 1.

10.19 Давление подземных вод следует определять при установившемся уровне воды в водохранилище с учетом снижения давления подземных вод, предусмотренными для этих целей дренажными устройствами и цементационными завесами.

10.20 При проектировании гидротехнических тоннелей, располагаемых в многолетнемерзлых грунтах, необходимо учитывать влияние изменений температурного режима грунтов на их несущую способность, а также устойчивость и сопротивляемость грунтов внешним нагрузкам.

11 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ОБДЕЛОК

11.1. Обделки гидротехнических тоннелей, согласно СН РК 3.04-01 следует рассчитывать по методу предельных состояний:

- по несущей способности на прочность и в необходимых случаях с проверкой устойчивости формы конструкции (предельные состояния первой группы) согласно приложению А;

- по образованию трещин (трещиностойкости), если трещины не допускаются, или по раскрытию трещин, если раскрытие их допустимо по условиям долговечности обделки тоннеля, сохранности грунтового массива, а также по значению фильтрационного расхода воды из тоннеля (предельные состояния второй группы) согласно приложениям Б и В.

11.2 Сечения обделок по предельным состояниям первой и второй групп необходимо рассчитывать в соответствии со СНиП 2.06.08 и СНиП РК 5.04-23.

11.3 При расчетах сечений тоннельных обделок необходимо вводить следующие коэффициенты:

- коэффициенты надежности по назначению сооружения γ_n и сочетаний нагрузок γ_c , принимаемые согласно СН РК 3.04-01;

- коэффициент условий работы γ_c , принимаемый для бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных обделок по таблице 7, для стальных оболочек – по таблице 8.

11.4 Расчет обделок по несущей способности следует выполнять на возможные наиболее неблагоприятные основные и особые сочетания расчетных нагрузок с применением расчетных характеристик материалов обделок.

11.5 Расчет обделок по образованию и раскрытию трещин должен осуществляться на основные сочетания нормативных нагрузок без учета гидравлического удара с применением нормативных характеристик материалов обделок.

11.6 Расчет обделок гидротехнических тоннелей всех типов (включая фасонные части комбинированных обделок) следует выполнять с учетом отпора грунтов. Исключения допускаются при расположении тоннелей в слабых неустойчивых грунтах. При расположении тоннелей на глубине менее трех диаметров (пролетов) над шельгой свода давление, передаваемое на грунт обделкой тоннеля, не должно превышать давления, оказываемого всей массой грунта над тоннелем.

Таблица 7 - Коэффициент условий работы γ_c для бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных обделок

Обделки	Коэффициент условий работы γ_c при расчете по предельным состояниям	
	первой группы	второй группы
Бетонные (в том числе из набрызг-бетона и прессованного бетона)	1,0	0,9 (0,75)
Железобетонные (в том числе предварительно напряженные, из армированного набрызг-бетона и железоторкретные)	1,1	1,3 (1,15)
Сталежелезобетонные (при расчете на внутреннее давление)	0,9	—
Примечание - Значения коэффициентов, указанные в скобках, следует принимать при коэффициенте удельного отпора $K_0 < 2000 \text{ Н/см}^2$ (200 кгс/см^2), в грунтах, подверженных суффозии, выщелачиванию, а также при гидрокарбонатной щелочности воды-среды менее $0,25 \text{ мг-экв/л}$.		

Таблица 8 - Коэффициент условий работы γ_c для стальных оболочек

Давление	Участки стальных оболочек	Коэффициент условий работы γ_c при сочетании нагрузок	
		основных	особых
Внутреннее	Прямые	0,75 (0,9)	1,0 (1,1)
	Фасонные элементы (колена и разветвления)	0,65 (0,75)	0,8 (0,9)
Наружное	Все участки	0,75	0,9
Примечание - 1 Значения коэффициента γ_c, указанные в скобках, должны приниматься: а) для комбинированных обделок с наружным монолитным железобетоном (сталежелезобетонных); б) для комбинированных обделок с наружным монолитным бетоном при одновременном выполнении следующих условий: $p_{wi} \leq 0,15 \cdot 10^{-2} K_0; \quad p_{wi} \leq 10^{-3} \rho g h_{qz} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha),$ где p_{wi} – внутреннее давление воды в напорном тоннеле, МПа; h_{qz} – кратчайшее расстояние от оси тоннеля до поверхности земли, м; $\mu = 0,7$ – коэффициент трения грунта по грунту; α – угол между нормалью к поверхности земли и горизонтом, град; K_0 – коэффициент удельного отпора грунта, Н/см^2, определяемый по 11.13; в) при расчете на внутреннее давление, если отпор грунта не учитывается. 2 При использовании коэффициента γ_c по данной таблице коэффициент сочетаний нагрузок γ_c следует принимать равным 1.			

11.7 Расчет обделок гидротехнических тоннелей могут выполняться методами строительной механики, а также методами механики сплошной среды. В последнем случае следует использовать известные численные методы, позволяющие учесть сложное

геологическое строение основания, анизотропию и нелинейные свойства грунтовых материалов.

Расчет необходимо выполнять в соответствии с п.п.10.4 и 10.5 на каждое из сочетаний нагрузок. Сложение эпюр усилий от отдельных нагрузок для получения суммарной эпюры не допускается.

11.8 Бетонные обделки безнапорных тоннелей следует рассчитывать на прочность в предположении образования в обделке пластических шарниров и проверять на трещиностойкость по предельным состояниям второй группы.

11.9 При расчете обделок по предельному состоянию второй группы предельную ширину раскрытия трещин обделок напорных и безнапорных тоннелей I и II классов следует принимать по таблице 9.

11.10 Градиент напора J_H в обделках принимают в зависимости от коэффициента фильтрации k грунта:

$$J_H = 1 \quad \text{при } k \leq 10^{-4} \text{ см/с}; \quad (8)$$

$$J_H = \frac{H_i - H_{e1}}{h_k} \quad \text{при } k \geq 10^{-2} \text{ см/с}, \quad (9)$$

где H_i – внутренний напор воды, м;

H_{e1} – напор подземных вод, м;

h_k – толщина обделки, м.

В интервале $10^{-4} < k < 10^{-2}$ значение J_H определяется по интерполяции.

Таблица 9 - Предельная ширина раскрытия трещин обделок

Градиент напоров воды в обделке J_H	Предельная ширина раскрытия трещин, мм, из условия					
	долговечности бетона при гидрокарбонатной щелочности водосреды, мг·экв/л			сохранности арматуры при суммарной концентрации ионов Cl^- и SO_4^{2-} , мг/л		
	0,25	1	2 и более	до 100	200	400 – 1000
Напорные тоннели и незатопляемые части безнапорных тоннелей при наличии подземных вод						
5	0,1	0,18	0,35	0,4	0,35	0,3
50	0,07	0,15	0,32	0,4	0,35	0,3
300	0,05	0,12	0,23	0,3	0,25	0,2
Незатопляемые части обделок безнапорных тоннелей при отсутствии подземных вод						
–	Не ограничивается			0,2	0,15	0,1
Примечание 1 Водой-средой, определяющей долговечность бетона и арматуры в обделке, являются: при $H_i > H_{e1}$ – вода внутри тоннеля; при $H_i < H_{e1}$ – подземная вода.						
Примечание 2 Для тоннелей III, IV классов предельные значения раскрытия трещин следует принимать соответственно в 1,3, 1,6 и 2 раза большими, чем значения, приведенные в таблице, но не более 0,5 мм.						

11.11 Для затопляемых частей обделок безнапорных тоннелей по условиям долговечности бетона и сохранности арматуры ширина раскрытия трещин не ограничивается.

11.12 Статические расчеты обделок следует выполнять с учетом трещинообразования и пластических деформаций:

- обделки безнапорных тоннелей и опорожненных напорных тоннелей по предельным состояниям первой и второй групп рассчитывают с учетом жесткости бетонного сечения при модуле упругости бетона в конструкции $E_k = 0,7E_b$;

- обделки напорных тоннелей на эксплуатационные нагрузки по предельным состояниям первой группы рассчитывают с учетом жесткости арматурного сечения $E_k = E_a$.

По предельным состояниям второй группы обделки напорных тоннелей следует рассчитывать:

- нетрещиностойкие – с учетом жесткости арматурного сечения $E_k = E_a$;
- трещиностойкие – с учетом жесткости бетонного сечения при $E_k = 0,7E_b$.

11.13 Расчет обделок тоннелей следует выполнять с учетом взаимодействия их с грунтовым массивом. Деформационные свойства грунта характеризуются коэффициентом удельного отпора K_0 или приведенным (эффективным) модулем деформации грунта E_q и коэффициентом Пуассона ν . Приведенный модуль деформации необходимо определять с учетом неоднородности свойств грунта от естественных и техногенных причин (закрепление грунтов цементацией или иными способами, появление нарушенной проходкой зоны и др.). Значения характеристик грунтов следует определять с учетом их свойств при водонасыщении на основании натурных исследований.

Для напорных тоннелей кругового очертания, располагаемых в однородных изотропных грунтах, модуль деформации грунта E_q допускается определять по формуле:

$$E_q = K_0(1 + \nu), \quad (10)$$

где $K_0 = K r_e$ коэффициент удельного отпора грунта;

K – коэффициент отпора грунта;

r_e – наружный радиус обделки, см.

Для тоннелей, располагаемых в анизотропных грунтах с отношением модулей деформации в разных направлениях более 1,4, расчеты необходимо выполнять с учетом анизотропии.

11.14 Деформационные характеристики грунтов K_0 или E_q для тоннелей I и II классов следует определять на характерных инженерно-геологических участках по данным натурных исследований, выполненных методом напорных выработок, с помощью установки центрального нагружения (УЦН) и цилиндрического гидравлического штампа (ЦГШ), а также штампов в сочетании с сейсмоакустическими и прессиометрическими методами.

Для тоннелей III и IV классов надлежит предусматривать натурные исследования сейсмоакустическими и прессиометрическими методами. Допускается также использовать

значения физико-механических характеристик грунтов, выявленных при проходке тоннелей в аналогичных инженерно-геологических условиях.

11.15 Для проектирования гидротехнических тоннелей, располагаемых в многолетнемерзлых грунтах, необходимо определять значения физико-механических характеристик грунтов в мерзлом и талом состояниях.

11.16 Для предварительных расчетов значения коэффициентов удельного отпора K_o для слаботрещиноватых грунтов допускается определять по Рисунку 2 или по аналогам.

Примечание - В слаботрещиноватых грунтах с $f \leq 10$, а также при комбайновой проходке тоннеля значения K_o , полученные по рисунку 2, следует увеличивать на 30 %.

11.17 В расчетах обделок тоннелей необходимо учитывать совместную работу устанавливаемой при проходке тоннеля крепи с обделкой.

11.18 При назначении расчетной схемы обделки тоннеля и грунтового массива следует учитывать последовательность разработки грунта и возведения элементов обделки.

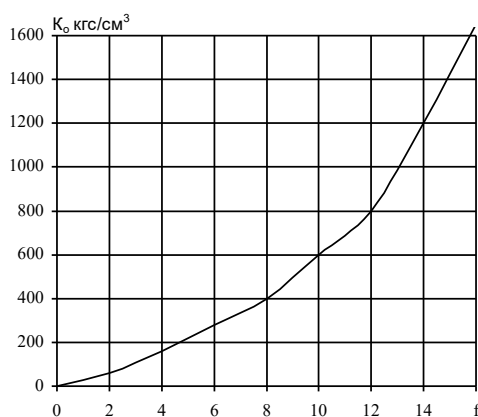


Рисунок 2 - График зависимости коэффициента K_o от коэффициента крепости грунта f для трещиноватых грунтов

11.19 При параллельном расположении нескольких тоннелей в расчете обделки на прочность необходимо учитывать изменения напряженного состояния и прочностных свойств грунтового массива, вызванных проходкой соседних тоннелей.

11.20 Расчет бетонных и железобетонных обделок тоннелей на температурные воздействия следует выполнять при расчетной разности температур более 30 °С с учетом набухания и ползучести бетона.

11.21 При расчете обделок напорных и безнапорных тоннелей противодействие воды в швах бетонирования и в сечениях между швами бетонирования не учитывается.

В сухих и водонасыщенных, практически водопроницаемых грунтах с коэффициентом фильтрации $K_\phi \leq 10^{-3}$ см/с и напоре подземных вод, не превышающем внутренний напор воды в тоннеле, значение противодействия подземных вод на нетрещиностойкие обделки P допускается определять по формуле:

$$P = (H_i - J_H h_k) \gamma_f, \quad (11)$$

где J_H - градиент напора в обделке, определяемый по п.11.10;

h_k - толщина обделки;

γ_f - коэффициент надежности по нагрузкам, принимаемый равным 0,9.

11.22 Толщину лотка и стен тоннеля, подверженных воздействию влекаемых и взвешенных насосов, следует назначать с учетом возможности истирания.

11.23 При проектировании высоконапорных водосбросных тоннелей и их затворных камер необходимо производить следующие расчеты, связанные с протеканием высокоскоростного потока:

- по обеспечению кавитационной безопасности сооружения;
- по определению гидродинамических нагрузок, характеризующихся значением осредненной гидродинамической нагрузки, стационарных и нестационарных пульсирующих нагрузок, степени развития кавитации при обтекании потоком элементов конструкций и затворов;
- по оценке динамических напряжений в элементах конструкций;
- затворов и стальных облицовок затворных камер на выносливость.

11.24 В напорных тоннелях, имеющих круглое поперечное сечение, при отношении внутреннего давления к коэффициенту удельного отпора, $P/K_0 \leq 1/7$ расчет обделки на прочность на действие внутреннего давления можно не производить, так как оно полностью воспринимается грунтом при условии соблюдения требования достаточности заглубления тоннеля.

11.25 Силы трения и сцепления между тоннельной обделкой и грунтом следует учитывать в случаях, когда проектом предусматриваются мероприятия, обеспечивающие надежный контакт обделки с грунтом. При этом передаваемые на грунт касательные напряжения не должны превышать предельные сдвигающие напряжения для грунта.

Расчеты тоннелей, располагаемых в скальных и полускальных массивах, ослабленных системами трещин, следует, как правило, проводить на базе физически нелинейных моделей с учетом фактора времени (реологических свойств грунтов). В расчетах тоннелей I класса сечением 60 м² и более необходимо учитывать данные об изменении напряженно-деформированного состояния грунтового массива, вызванного последовательностью проходки выработки и возведения элементов обделки.

При близком параллельном расположении нескольких тоннелей в расчете обделки на прочность необходимо учитывать изменения напряженного состояния, прочностных и деформационных свойств грунтового массива, вызванные проходкой соседних тоннелей.

11.26 При расчете обделки тоннеля на сейсмические воздействия допускается возможность возникновения местных остаточных деформаций (трещин, сколов, смещений), не приводящих к обрушению частей обделки и не нарушающих общую прочность и устойчивость конструкции. Участки нарушения обделки подлежат восстановлению.

12 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

12.1 Решение природоохранных вопросов должно начинаться на самых ранних стадиях проектирования объекта и выбора типа тоннелей и учитываться при рассмотрении остальных технических вопросов. Разработка природоохранных мероприятий должна включать: изучение исходного состояния природной среды, составление прогнозов ее изменений, установление допустимого уровня антропогенного вмешательства, разработку мер защиты, а также способов контроля за состоянием каждого элемента среды и возможные дополнительные мероприятия по сохранению и улучшению экологической обстановки в процессе эксплуатации тоннелей.

12.2 При проектировании гидротехнических тоннелей необходимо предусматривать специальные мероприятия по охране окружающей среды при выполнении:

- дноуглубительных работ, включающих извлечение грунта, его транспортировку и создание отвалов;
- устройства плотин, дамб, перемычек, каменных постелей, обратных засыпок и т.д. путем отсыпки грунтовых и каменных материалов в воду;
- строительства ограждающих сооружений хранилищ жидких отходов промышленных предприятий;
- уплотнения грунтов основания, в том числе производимого взрывным способом;
- строительства тоннелей с использованием материалов, которые могут явиться источником загрязнения окружающей среды;
- закрепления грунтов, в том числе осуществляемого химическим способом или путем искусственного замораживания;
- подводного бетонирования и т.п.

12.3 В проектах подпорных гидротехнических тоннелей должны предусматриваться мероприятия:

- по подготовке ложа водохранилища и хранилищ жидких отходов;
- по ликвидации возможных источников загрязнения водной среды, опасных для здоровья человека, животного и растительного мира;
- по ликвидации отрицательных воздействий на качество воды затопленной древесной растительности и нависающей древесины, торфяных островов и пр.;
- по извлечению и утилизации плавающей древесной массы и мусора;
- по локализации возможных очагов загрязнения и по снижению концентрации вредных примесей.

Должно предусматриваться обеспечение нормативного качества воды водохранилища и фильтрационной воды из хранилищ жидких отходов:

- по гидрохимическим показателям (по содержанию химических элементов и соединений, по показателю pH);
- по гидробиологическим показателям (по цветности, по биологическому потреблению кислорода);
- по санитарным показателям.

При повышении предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ необходима организация дополнительных мероприятий по локализации возможных очагов загрязнений и снижению концентрации вредных примесей.

12.4 Для выполнения требований п.12.1 необходимо производить оценку и прогнозирование:

- изменения геологических и гидрогеологических условий - уровня режима, условий питания, химизма подземных вод, особенно минерализованных, засоления грунтов;
- фильтрационных потерь воды из водохранилища и хранилищ жидких отходов;
- изменений природной обстановки в результате создания водохранилища;
- изменения хода руслового процесса, трансформации русла нижних бьефов, заиления и переработки берегов водохранилищ;
- изменений термического и ледового режимов в бьефах, бассейнах гидроаккумулирующих (ГАЭС) и приливных (ПЭС) электростанций, в том числе образования протяженных полыней, усиления заторно-зажорных явлений;
- изменения сейсмологической обстановки (в том числе вызванной «наведенной сейсмичностью») - прежде всего, частоты и интенсивности землетрясений, их распределения и т.п.;
- изменения ландшафта района строительства и его восстановления;
- влияния изменений руслового, гидравлического, термического и ледового режимов водотоков и водоемов на условия нереста и воспроизводства рыб, гнездования птиц, среду обитания млекопитающих и т.д.;
- влияния микроклиматических изменений в районе создания водохранилища и нижнего бьефа гидроузла - температурного режима и влажности воздуха, количества и режима ветров и осадков и т.п. на инженерно-геологические процессы и свойства пород оснований, а также на объекты инфраструктуры, социально-демографическую и природную среду;
- мерзлотно-температурного режима территории - повышения или понижения температур пород, формирования и развития таликовых зон в ложе, берегах водохранилища, основаниях (среде) и примыканиях напорных тоннелей; в днище и бортах долины в нижнем бьефе гидроузла.

Примечание - Особое внимание следует уделять выявлению сквозных водовыводящих таликов, обуславливающих локальные пути сосредоточения фильтрационных потерь воды из водохранилища, либо водоподводящих таликов, обеспечивающих активизацию водообмена между водохранилищем и подземными водами, обладающими другими температурами, химическим составом, иногда минерализованными, в частности отрицательно-температурными рассолами.

13 ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

13.1 При проектировании гидротехнических тоннелей должны быть разработаны схемы производства аварийно-ремонтных работ по предотвращению развития возможных опасных повреждений и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в процессе строительства и эксплуатации гидротехнических тоннелей.

13.2 При проектировании гидроузла следует определять параметры волны прорыва и границы зон вероятного затопления для сценариев возможного разрушения тоннелей напорного фронта.

13.3 Для гидроузла, располагаемого в каскаде гидроузлов, следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие устойчивость тоннелей его напорного фронта при прохождении волны прорыва в результате разрушения выше расположенных гидроузлов.

13.4 Необходимо определять параметры волны прорыва, зоны затопления и зоны отложения отходов хранилищ жидких отходов и в случае возможного разрушения их ограждающих сооружений для различных этапов эксплуатации хранилищ.

Местоположение хранилищ жидких отходов следует выбирать с учетом минимизации возможных разрушений и ущербов от волны прорыва.

13.5 На существующих и вновь проектируемых гидроузлах следует устанавливать приборы и системы оповещения о катастрофическом повышении уровня воды в нижних бьефах, обеспечивающие оперативное оповещение об опасности затопления.

13.6 На существующих и вновь проектируемых гидроузлах необходимо предусматривать системы оповещения об угрозе прорыва напорного фронта органов исполнительной власти, хозяйственных субъектов и населения, располагаемых в зоне возможного затопления.

13.7 При проектировании гидротехнических тоннелей должны быть предусмотрены конструктивно-технологические решения по предотвращению развития возможных опасных повреждений и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в периоды строительства и эксплуатации.

13.8 В проектах гидротехнических тоннелей должны выполняться расчеты по оценке возможных материальных и социальных ущербов от потенциальной аварии тоннеля с нарушением напорного фронта.

Следует предусматривать мероприятия по снижению негативных воздействий возможных аварий тоннелей на окружающую среду.

13.9 В проектах водонапорных гидротехнических тоннелей следует предусматривать локальные системы оповещения персонала и населения, проживающего в долине реки в нижнем бьефе гидротехнического тоннеля, об угрозе прорыва напорного фронта.

Приложение А (обязательное)

Расчет обделок тоннелей по предельным состояниям первой группы при предварительных расчетах

А.1 Расчет бетонных и железобетонных обделок произвольного очертания

В расчетной схеме, как правило, предполагается, что нагрузки, в том числе и горное давление, заданы, а отпор грунта определяется как реакция упругого основания. Возможные простейшие расчетные схемы обделок как стержневых систем в упругой среде с односторонними связями показаны на рисунке А1.

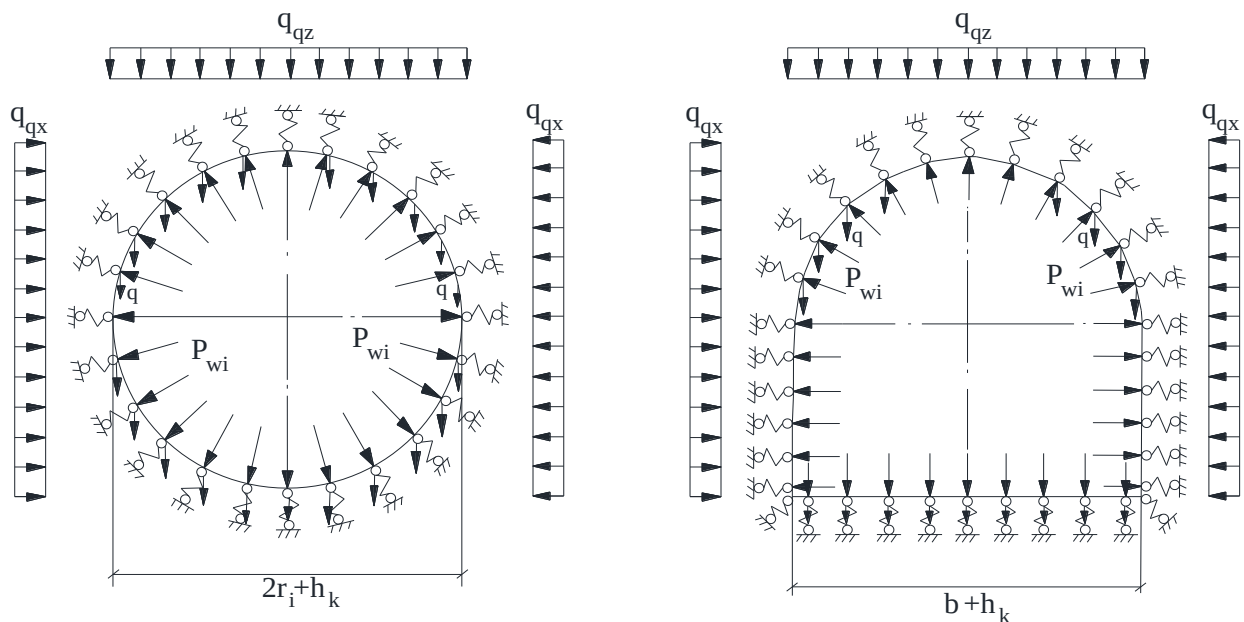


Рисунок А.1 - Расчетные схемы обделок тоннелей

Расчет прочности следует выполнять на расчетные нагрузки (с учетом коэффициентов надежности по нагрузкам) в соответствии с требованиями раздела 10, жесткость принимать в соответствии с п.11.12, коэффициенты отпора грунта – в соответствии с п.п.11.13 и 11.16.

Расчет сечений обделок и определение необходимой площади сечения арматуры A_s следует производить по СНиП 2.06.08.

А.2 Расчет сталежелезобетонных, железобетонных, армированных набрызг-бетонных и железоторкретных обделок напорных тоннелей кругового очертания на начальных стадиях проектирования

На начальных стадиях проектирования расчет напорных тоннелей выполняется по приближенным формулам, которые учитывают только внутреннее давление, постоянное в пределах сечения.

Площадь сечения рабочей арматуры A_s , см², на 1 см длины тоннеля:
при соблюдении условия

$$h_{qz} \geq \frac{K_0 r_i \gamma_c R_{st}}{r_e \rho g E_s \gamma_n \gamma_{lc}}, \quad (\text{A.1})$$

определяется по формуле:

$$A_s = -\frac{\gamma_n \gamma_k p_{wi} r_i}{\gamma_c R_{st}} - \frac{A_{ss} R_y}{R_{st}} - \frac{K_0 r_i}{E_s}, \quad (\text{A.2})$$

при несоблюдении условия (A.1) – по формуле:

$$A_s = -\frac{\gamma_n \gamma_k p_{wi} r_i}{\gamma_c R_{st}} - \frac{A_{ss} R_y}{R_{st}} - \frac{\rho g h_{qz} r_e}{100 \gamma_c R_{st}}, \quad (\text{A.3})$$

где p_{wi} – расчетное внутреннее давление воды с учетом гидравлического удара в период нормальной эксплуатации, МПа;

h_{qz} – расстояние от шельги свода тоннеля до поверхности земли, см;

R_{st} , E_s – расчетное сопротивление арматуры на растяжение и модуль упругости арматуры, МПа;

A_{ss} – площадь сечения стальной оболочки, см², на 1 см длины тоннеля;

R_y – расчетное сопротивление стальной оболочки, принимаемое по СНиП 5.04-23, МПа;

K_0 – коэффициент удельного отпора грунта, Н/см³;

ρ – плотность грунта, кг/см³;

γ_c , γ_n , γ_{lc} – коэффициенты, принимаемые согласно п.11.3.

Если по формулам (A.2) или (A.3) $A_s < 0$ (т.е. расчетной арматуры не требуется и внутреннее давление воды полностью воспринимается грунтом), следует принимать значение A_s по минимальному проценту армирования согласно п.7.3.7.

А.3 Расчет стальных оболочек комбинированных обделок с наружным монолитным бетоном

А.3.1 Марки стали для стальных оболочек и колец жесткости следует принимать по таблице А.1.

А.3.2 Стальные оболочки следует рассчитывать на действие внутреннего давления воды в тоннеле, наружного давления подземных вод, раствора (при цементации) и свежееуложенного бетона с учетом температурных воздействий, а также на действие

собственного веса и нагрузок от механизмов при монтаже оболочки. При расчете стальных оболочек действие горного давления не учитывается.

Коэффициент надежности по нагрузке γ_f коэффициент надежности по назначению сооружения γ_n и коэффициент условий работы γ_c следует принимать согласно требованиям п.п.10.8 и 11.3.

Таблица А.1 - Марки стали для стальных оболочек и колец

Марка стали	ГОСТ	Толщина листового проката, мм	Категория стали при расчетной температуре $t, ^\circ\text{C}$		
			$t \geq -40$	$-40 > t \geq -50$	$-50 > t \geq -65$
Ст3Гпс	ГОСТ 14637 ГОСТ 380	10 – 30	5	–	–
Ст5Гпс	ГОСТ 14637	10 – 30	2	–	–
09Г2	ГОСТ 14637	11 – 32	12	–	–
09Г2С	ГОСТ 19282	10 – 60	12	13	15
10ХСНД	ГОСТ 19282	10 – 40	12	13	15
Примечание - 1 Знак “+” означает, что категорию стали и требования к ней указывать в проекте не следует; знак “–” означает, что данную марку стали при указанной расчетной температуре применять не следует. 2 При надлежащем технико-экономическом обосновании допускается применять сталь других марок.					

Примечание - Значение коэффициента условий работы γ_c приведены для расчета стальных оболочек без учета местных напряжений.

А.3.3 Расчет на прочность стальных оболочек следует выполнять по формуле:

$$\sqrt{\sigma_x - \sigma_x \sigma_z + \sigma_z^2} \leq \frac{\gamma_c R}{\gamma_n}, \quad (\text{А.4})$$

при этом необходимо соблюдать условия:

$$\sigma \leq \frac{R\gamma_c}{\gamma_n}; \quad \sigma \leq \frac{R\gamma_c}{\gamma_n},$$

где σ_x, σ_z – нормальные напряжения, соответственно, в поперечном и продольном сечениях оболочки, МПа;

R – расчетное сопротивление, МПа, принимаемое при расчетах на внутреннее давление с учетом отпора грунта равным R_u / γ_u , а при расчетах на внутреннее давление без учета отпора грунта и на наружное давление – R_y ;

R_u, R_y – расчетные сопротивления стали растяжению, сжатию, изгибу, МПа, соответственно, по временному сопротивлению и по пределу текучести, принимаемые по СНиП 5.04-23;

γ_u – коэффициент надежности для элементов конструкций, рассчитываемых на прочность по временному сопротивлению, равный 1,3.

А.3.4 Нормальное напряжение σ_z , МПа, в продольных сечениях оболочки от внутреннего давления воды следует определять по формулам:

$$\sigma_z = \frac{p_{wi} r_m + a_r K_{0r}}{t + 4,33 \cdot 10^{-6} r_m K_{0r}}, \quad (\text{A.5})$$

где p_{wi} – расчетное внутреннее давление воды, МПа;

r_m – средний радиус оболочки, см;

t – толщина стенки оболочки, см;

a_r – расчетный радиальный зазор между оболочкой и бетоном, см;

K_{0r} – приведенный коэффициент удельного отпора грунта, Н/см³, определяемый по формуле:

$$K_{0r} = \frac{1}{\frac{1}{E_b} \ln \frac{r_e}{r_m} + \frac{1}{K_0}}; \quad (\text{A.6})$$

r_e – наружный радиус бетонной обоймы, см;

E_b – модуль упругости бетона, МПа;

K_0 – коэффициент удельного отпора;

при отсутствии отпора грунта или при $\frac{a_r}{r_m} \geq 4,33 \cdot 10^{-6} \frac{p_{wi} r_m}{t}$

$$\sigma_z = \frac{p_{wi} r_m}{t}. \quad (\text{A.7})$$

А.3.5 Расчетный радиальный зазор между оболочкой и бетоном a_r , см, следует определять по формуле:

$$a_r = a_{r1} + a_{r2} + a_{r3}, \quad (\text{A.8})$$

где a_{r1}, a_{r2}, a_{r3} – составляющие радиального зазора соответственно от температурных воздействий, усадки бетона и ползучести грунта, см.

Составляющую зазора от температурных воздействий a_{r1} следует определять по формуле:

$$a_{r1} = 15,6 \cdot 10^{-6} r_m (t_{max} - t_{min}), \quad (\text{A.9})$$

где t_{max} – наибольшая температура в тоннеле при заполнительной цементации, °С;
 t_{min} – минимальная температура воды или воздуха в тоннеле, °С.

Составляющие зазора от усадки бетона a_{r2} и ползучести грунта a_{r3} , определяемые по данным исследований, следует учитывать только при расчете на особые сочетания нагрузок.

Для предварительных расчетов допускается принимать:

$$a_r = 3 \cdot 10^{-4} r_m. \quad (\text{A.10})$$

А.3.6. Нормальное напряжение σ_z МПа, в продольных сечениях оболочки от наружного давления следует определять по формуле:

$$\sigma_z = \frac{p_{we} r_m}{t}, \quad (\text{A.11})$$

где p_{we} – расчетное наружное давление МПа.

А.3.7 Нормальное напряжение, МПа, в поперечном сечении оболочки следует определять:

от температурных воздействий – по формуле:

$$\sigma_{x1} = -2,52 t_d, \quad (\text{A.12})$$

где t_d – расчетный перепад температур, °С;

от стеснения поперечной деформации – по формуле:

$$\sigma_{x2} = 0,3 \sigma_z. \quad (\text{A.13})$$

А.3.8 Расчетные перепад температур t_d следует определять по формулам: при повышении температуры

$$t_d = t_{\max} - t_{b,\min}, \quad (\text{A.14})$$

при понижении температуры

$$t_d = t_{\min} - t_{b,\max}, \quad (\text{A.15})$$

где $t_{\max}$, $t_{\min}$ – соответственно наибольшая и наименьшая температура воды или воздуха в тоннеле, °С;

$t_{b,\max}$, $t_{b,\min}$ – соответственно наибольшая и наименьшая температура оболочки в период обетонирования, °С.

А.3.9 Местные напряжения, возникающие в стальной оболочке у ребер жесткости, а также в местах перелома, образующих под углом не более 10°, допускается не учитывать.

А.3.10. Расчет на устойчивость стальной оболочки при действии наружного давления p_{we} , МПа, следует выполнять по формуле:

$$p_{we} = \pi \frac{\gamma_c p_{cr} \zeta}{\gamma_n}, \quad (\text{A.16})$$

где p_{cr} – критическое наружное давление, МПа;
 ζ - коэффициент, принимаемый по таблице А.2.

Таблица А.2 – Значение коэффициента ζ

$\rho_{cr} r_m / t R_{yn}$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
ξ	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4

При $\frac{p_{cr} r_m}{t R_{yn}} \notin 2,5$ следует принимать

$$\rho_{cr} \zeta = \frac{R_{yn} t}{r_m}, \quad (\text{A.17})$$

где R_{yn} – нормативный предел текучести стали, МПа.

А.3.11 Критическое наружное давление при отсутствии колец жесткости и при $\frac{l}{r_m} > 2$ (где l – расстояние между кольцами, см) следует определить графикам на рисунке А.2. Разрешается также в этом случае выполнять расчет на устойчивость по стандартным программам на ЭВМ.

А.3.12 Критическое наружное давление ρ_{cr} , МПа, при наличии колец жесткости следует определять по формулам:

при $0,5 \leq \frac{t}{l} \leq 2$;

$$\rho_{cr} = 0,92 E_s \frac{t}{l} \left(\frac{t}{r_m} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (\text{A.18})$$

при $\frac{l}{r_m} < 0,5$

$$\rho_{cr} = E_s \frac{t}{r_m} \left[\frac{1}{n_w^2 m^2} + 0,092 \left(\frac{t}{r_m} \right)^2 n_w^2 \left(1 + \frac{2}{m} \right) \right], \quad (\text{A.19})$$

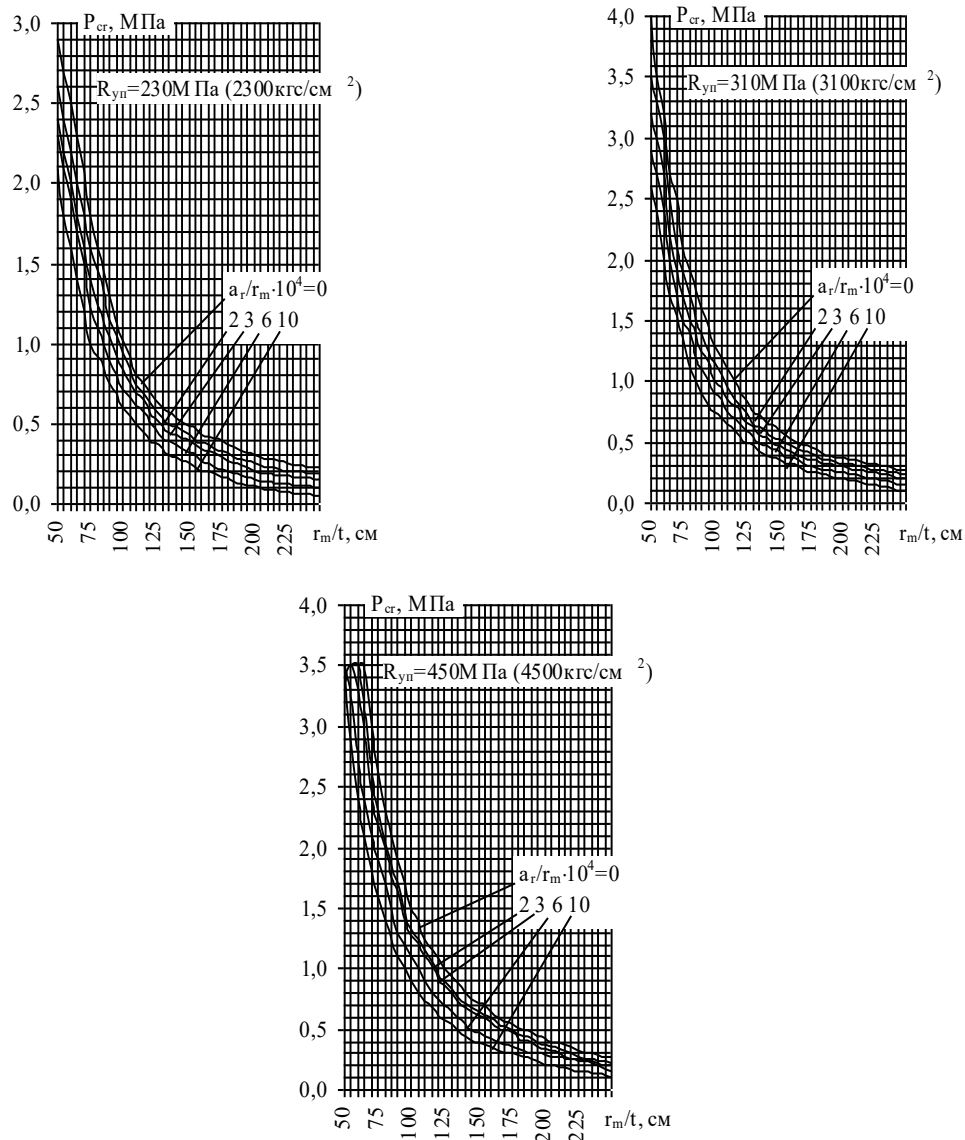
где E_s – модуль упругости стали, МПа,

n_w – число волн, образующихся при смятии оболочки, подбираемое таким образом, чтобы получить минимальное значение ρ_{cr} ,

$$m = 1 + \left(\frac{n_w l}{\pi r_m} \right)^2.$$

А.3.13 Кольца жесткости надлежит проектировать минимального поперечного сечения с целью уменьшения габаритов выломки.

Рекомендуется предусматривать анкеровку колец жесткости в бетоне. В случае невозможности анкеровки расчет кольца жесткости прямоугольного поперечного сечения следует производить по формуле:



R_{yn} – нормативное сопротивление по пределу текучести стали, МПа;
 a_r – расчетный радиальный зазор между стенкой оболочки и бетоном, см;
 r_m – средний радиус оболочки, см; t – толщина стенки оболочки, см

Рисунок А.2 - График зависимости критического наружного давления ρ_{cr} от относительной толщины стенки r_m/t

$$\gamma_n \frac{p_{we} l_s r_m}{\gamma_c A_r} \left(1 + \frac{y_r}{r_r} \chi \right) + \frac{y_r E_s a_r}{r_r^2} \chi \leq R_y, \quad (\text{A.20})$$

где t_r – толщина кольца жесткости, см;

y_r – расстояние от центра тяжести сечения кольца до наиболее удаленного волокна, см;

χ – коэффициент, определяемый по графику на рисунке А.3 в зависимости от значений:

$$p_{rel} = \frac{\gamma_n p_{we}}{\gamma_c E_s \left[0,092 \left(\frac{t}{r_m} \right)^3 + \frac{J_r}{r_r^3 l} \right]}; \quad (\text{A.21})$$

$$a_{rel} = \frac{a_o}{a_r + \frac{p_{we} l_s r_m r_r \gamma_n}{\gamma_c E_s A_r}}, \quad (\text{A.22})$$

r_r , A_r , J_r – соответственно радиус центральной оси, см, площадь, см^2 , и момент инерции поперечного сечения кольца с присоединенным пояском длиной $l_s = 1,56 \sqrt{r_m t} + t_r$, см⁴;

$a_o = 0,0025 r_m$ – начальное отступление радиуса кольца от теоретического.

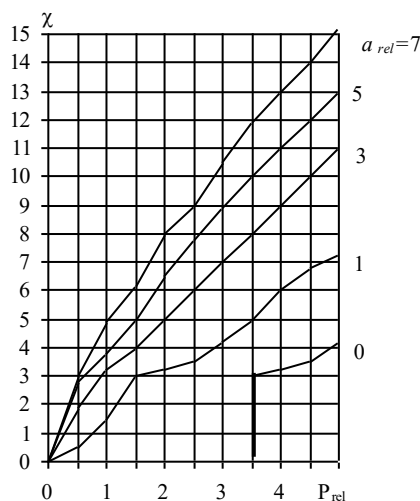


Рисунок А.3 - График зависимости коэффициента χ от p_{rel} при $a_{rel} = \text{const}$

Приложение Б
(обязательное)

**Расчет обделок тоннелей по предельным состояниям второй группы
при предварительных расчетах**

Б.1 Расчет бетонных и железобетонных обделок произвольного очертания

Расчет следует выполнять на основное сочетание нормативных нагрузок в соответствии с разделами 10 и 11 с учетом коэффициента отпора грунта, жесткость сечения принимается согласно п.11.12.

По полученным усилиям (изгибающий момент и нормальная сила) необходимо выполнить расчет по образованию и раскрытию трещин.

Трещиностойкие обделки, проектируемые для условий, отвечающих п.7.3.4, следует проверять по образованию трещин согласно СНиП 2.06.08.

Б.2 Расчет по образованию трещин бетонных и железобетонных обделок напорных тоннелей кругового очертания на начальных стадиях проектирования

Толщину обделки h_k , см, следует вычислять по формулам:

при коэффициенте удельного отпора грунта $K_o \leq 2000 \text{ Н/см}^3$

$$h_k = \frac{r_i}{1 + \frac{30\mu}{R_{btn}}} \left(\frac{p_{win}}{\gamma_c R_{btn}} - \frac{K_o}{E_k} \right), \quad (\text{Б.1})$$

где p_{win} – нормативное внутреннее давление воды, МПа;

E_k – модуль упругости материала обделки, принимаемый равным $0,7E_b$, МПа;

R_{btn} – нормативное сопротивление материала обделки на растяжение, принимаемое по СНиП РК 5.03-34 и СНиП 2.03.01 в соответствии с классом бетона, МПа;

μ – коэффициент армирования сечения;

в слаботрещиноватых грунтах при $K_o \geq 2000 \text{ Н/см}^3$

$$h_k = \frac{r_i (p_{win} - K_o \varepsilon)}{\gamma_c R_{btn} \left(1 + \frac{30\mu}{R_{btn}} \right) + K_o \varepsilon}, \quad (\text{Б.2})$$

где $\varepsilon = 0,25 \cdot 10^{-4} \gamma_c R_{btn} \lg (0,05 K_o + 10)$.

Б.3 Расчет по образованию трещин (на трещиностойкость) обделок из набрызг-бетона на внешнее давление

Толщину несущих обделок из набрызг-бетона h_k , м, следует определять по формуле:

$$h_k = 0,35a \sqrt{\frac{g_{qzn} + p_{we}}{\gamma_c R_{btn}}}, \quad (\text{Б.3})$$

где g_{qzn} – нормативное значение вертикального горного давления (п.10.12), МПа.
При специальном обосновании допускается определять горное давление из условия объема возможного вывала между анкерами;

p_{we} – остаточное гидростатическое давление воды с учетом снижения уровня подземных вод дренажными или другими мероприятиями, МПа;

R_{btn} – нормативное сопротивление набрызг-бетона на осевое растяжение при проектном классе бетона, определяемом по прочности на растяжение, МПа;

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным для армированной обделки – 1, для неармированной – 0,6;

a – шаг анкеров в продольном и поперечном направлениях, принимаемый наименьшим (но не менее 1 м) исходя из условий:

а) образования грунтового свода – по формуле

$$a = l_a - \frac{k_b g_{qzn}}{c} (l_a + b), \quad (\text{Б.4})$$

где $l_a = h_{q1} + l_{q1}$ – длина анкеров, м;

h_{q1} – глубина нарушенной зоны, м (см. п.10.12);

l_{q1} – глубина заделки анкеров за пределы нарушенной зоны, принимаемая равной 0,5 – 0,7 м;

b – пролет выработки, м;

c – сцепление грунта, принимаемое по данным натурных исследований; для предварительных расчетов допускается принимать $c = 0,03f$, МПа;

k_b – коэффициент, равный 0,2 – 0,25 для выработок I формы сечения и 0,25 – 0,3 – для остальных форм сечения (см. рисунок 1);

б) устойчивости грунтов между анкерами – по формуле:

$$a = \frac{l_a}{3} \sqrt{\frac{c}{g_{qz}}}; \quad (\text{Б.5})$$

в) прочности закрепления анкера – по формуле:

$$a = \sqrt{\frac{N_a}{\rho g h_q}}, \quad (\text{Б.6})$$

где N_a – несущая способность анкера, равная для железобетонных анкеров прочности стержня анкера на разрыв, для остальных анкеров – 80–100 кН; ρ – плотность грунта.

Б.4 Расчет ширины раскрытия трещин и бетонных обделках напорных тоннелей кругового очертания

Ширина раскрытия трещин a_{crc} , мм, в бетонных обделках тоннеля, предусматриваемых в однородных трещиноватых грунтах или других грунтах, укрепленных цементацией, должна определяться по формуле:

$$a_{crc} = 100c_{crc} \frac{P_{win}}{K_o}, \quad (\text{Б.7})$$

где $a_{crc} = 0,28 + 625 \frac{P_{win}}{K_o} \leq 1$.

5. Расчет ширины раскрытия трещин в железобетонных обделках напорных и безнапорных тоннелей

Ширину раскрытия трещин a_{crc} , мм, в железобетонных обделках напорных и безнапорных тоннелей следует рассчитывать по формуле:

$$a_{crc} = \alpha \beta \eta \frac{\sigma_s - \sigma_{s0}}{E_s} 7,7(4 - 100\mu) \sqrt{d}, \quad (\text{Б.8})$$

где α – коэффициент, учитывающий влияние трещиноватости скального грунта, сложенного из блоков, и принимаемый в зависимости от модуля трещиноватости M_j : $\alpha = 1$ при $M_j \geq 5$; $\alpha = 2$ при $M_j \leq 1$. В интервале $1 \leq M_j \leq 5$ значения α принимаются по интерполяции;

β – коэффициент, принимаемый для центрально- и внецентренно растянутых элементов – 1,2, для внецентренно сжатых и изгибаемых элементов – 1;

η – коэффициент, принимаемый равным при стержневой арматуре периодического профиля – 1, при гладкой арматуре – 1,4;

σ_s – напряжение в растянутой арматуре без учета сопротивления бетона растянутой зоны сечения, МПа;

σ_{s0} – начальное растягивающее напряжение в арматуре от набухания бетона: для конструкций, находящихся в воде, $\sigma_{s0} = 20$ МПа; для конструкций, подверженных длительному высыханию, в том числе во время строительства, $\sigma_{s0} = 0$;

μ – коэффициент армирования сечения, принимаемый равным $\mu = \frac{A_s}{bh}$, но не более 0,02 (здесь A_s – необходимая площадь сечения арматуры, определяемая согласно Приложению А или принимаемая в соответствии с п.7.3.7);

d – диаметр стержней арматуры, мм.

Напряжения в растянутой арматуре σ_s , МПа, следует определять по формулам:
для изгибаемых элементов:

$$\sigma_s = \frac{M_n}{A_s z}, \quad (\text{Б.9})$$

для центрально растянутых элементов:

$$\sigma_s = \frac{N_n}{A_s}, \quad (\text{Б.10})$$

для внецентренно растянутых и внецентренно сжатых элементов:

$$\sigma_s = \frac{N_n (e_t \pm z)}{A_s z}, \quad (\text{Б.11})$$

где M_n , N_n – нормативные изгибающий момент и продольное усилие соответственно;
 z – плечо внутренней пары сил, принимаемое по результатам расчета сечения на прочность.

Определяемая расчетом ширина раскрытия трещин должна быть не более величин, приведенных в таблице 9.

Примечание - В формуле (Б.11) знак «+» принимается при внецентренном растяжении, знак «-» – при внецентренном сжатии.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Расчет величины фильтрационного расхода воды из напорного тоннеля

В.1 Допустимость фильтрационного расхода воды Q , л/с·см, отнесенного к 10 м разности внутреннего и внешнего напоров воды, надлежит определять по формуле:

$$Q = \frac{1}{\frac{h_k}{k_{crc} n_{crc}} + \frac{1}{k M_f}} \leq Q_{adm} 2\pi r_e \cdot 10^{-7}, \quad (B.1)$$

где k_{crc} – коэффициент водопроницаемости трещин в обделке (расход воды, см³/с через 1 см трещины, при градиенте напора, равном 1), определяемый по формуле:

$$k_{crc} = a_{crc}^3; \quad (B.2)$$

n_{crc} – количество трещин в обделке: бетонной – $n_{crc} = 0,0628 r_e$; железобетонной –
 $n_{crc} = \frac{2\pi r_e 8\mu}{d};$

μ – коэффициент армирования сечения обделки;

d – диаметр арматуры, см;

r_e – наружный радиус обделки, см;

k – коэффициент фильтрации грунта, см/с;

M_f – модуль формы, характеризующий геометрическое соотношение между элементами зоны фильтрации и определяемый по формуле:

$$M_f = \frac{2\pi}{\ln \frac{r_f}{r_e}}; \quad (B.3)$$

r_f – радиус области фильтрации, принимаемые по опытным данным, а при их отсутствии – равным двойной глубине заложения тоннеля, см;

Q_{adm} – допускаемое значение фильтрационного расхода воды, отнесенное к единице разности внутреннего и наружного давлений и определяемое на основании технико-экономических расчетов. Для предварительных расчетов допускается принимать: $Q_{adm} = 1$ л/с на 1000 м² поверхности тоннеля на каждые 10 м разности напоров – при разности внутреннего и наружного напоров 100 м и менее; Q_{adm} от 0,3 до 0,5 л/с на 1000 м² поверхности тоннеля на каждые 10 м разности напоров – при разности внутреннего и наружного напоров свыше 100 м.

В.2 Абсолютное значение фильтрационного расхода воды из тоннеля Q_{adm} , л/с, следует определять по формуле:

$$Q_{abs} = \frac{Ql(H_i - H_e)}{10}, \quad (B.4)$$

где l – длина тоннеля, см.

В.3 Для снижения фильтрационного расхода воды из тоннеля следует предусматривать применение специальных покрытий на основе полимерных вяжущих материалов, укрепительную цементацию и другие конструктивные мероприятия.

УДК 625.42

МКС 93.060

Ключевые слова: гидротехнические тоннели, классы тоннелей, трасса, поперечное сечение, облицовка, нагрузки и воздействия, основные положения по расчету, цементация, обделка, входной оголовок, конструкции тоннелей, предельные состояния, дренаж, механическое оборудование.

Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының
ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**

ҚР ЕЖ 3.04–106–2014

ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ТУННЕЛЬДЕР

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**СВОД ПРАВИЛ
Республики Казахстан**

СП РК 3.04–106–2014

ТОННЕЛИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная