

БУДЗІНСЬКИЙ РУСЛАН ВОЛОДИМИРОВИЧ

ПРОЕКТ БУДІВНИЦТВА КОЛЕКТОРУ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ  
КОМПЛЕКСУ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СПОРУД У М. КИЇВ

184 Гірництво

спеціаліст

2018

Розроб.							
К. розд.							
Керівник							
Н. контр.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Зав. каф.							

## ВСТУП

Рівень водоспоживання води в Києві набагато перевищує середню величину споживання води в інших країнах Європи. В результаті міські системи водовідведення, що складаються з каналізації системи очищення стічних вод, не витримують надмірного навантаження.

Фактична витрата стічних вод, які регулярно надходять на очистку, в даний час складає близько 1 млн. кубометрів на добу. За словами експертів, наразі середньостатистичний киянин використовує 430 л води на добу. З них близько 80% йдуть на так звані побутові проблеми. Через це як використана, так і чиста вода (наприклад, що капає з крана або підтікає зі зливного бачка) знову опиняється в системі водовідведення.

Тому зараз питання введення локальної очистки стічних вод перед їх скиданням у каналізацію для підприємств та відмови рядових споживачів від зайвої хімії, зокрема, пральних порошків, що містять фосфор, особливо актуальні.

За свідченнями спеціалістів, Київ, як і інші міста України, гостро потребує реформи і модернізації водного сектора житлово-комунального господарства. Справа в тому, що свого часу очисні споруди в містах України будувалися з розрахунку, що в загальній масі стічних вод, які будуть надходити на очистку, 60% становитимуть господарсько-побутові, а 40% – стічні води промислового походження.

Вважалося, що вони мають різний генезис забруднення і тому можуть розбавляти один одного. Частина правди в цьому дійсно є, адже промисловість дає такі забруднення, як, наприклад, важкі метали, феноли, нафтопродукти, поліароматичні з'єднання тощо. Тоді як господарсько-побутові стічні води містять перш за все органічні забруднення, сполуки азоту та фосфору, синтетично активні поверхневі речовини тощо.

Будзінський  
Гапєєв  
Гапєєв  
Григор'єв

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Вступ

1

2

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

ДВНЗ «НГУ»  
84с-163-7

Арк.

Гапєєв

Однак розвиток міст, зокрема Києва, показало, що прогнози проектувальників не збуваються. За останнє десятиліття в столиці та інших мегаполісах активно розвиваються підприємства харчової промисловості (кулінарні цехи, кафетерії, ресторани, піцерії, закусочні), які теж зливають використану воду в міську каналізацію. При цьому їх складові забруднення генетично схожі зі складом господарсько-побутових стічних вод. Саме тому вітчизняні водоканали останнім часом зіткнулися з гострою проблемою. Виявилося, що вони не в змозі забезпечити достатнє очищення стічних вод від сполук азоту та фосфору, а також по дотриманню параметрів очищення води від ряду органічних речовин.

Вік міської каналізації і водопровідних систем, що знаходяться під землею, в залежності від віку мікрорайону, складає 30-60 років. Залізобетонні труби, використовувані в колекторах, піддаються зовнішньому і внутрішньому впливу. В результаті – агресивне середовище роз'їдає бетон, приводячи до його морального і фізичного зносу. Занадто дірява міська каналізація забруднює навколишні ґрунтові води. При цьому попадання стічних вод у водопровідні мережі - питання часу та обставин (наприклад, при відключенні подачі питної води). У ці моменти через утворення так званих порожнеч ґрунтові води, забруднені стічними водами, потрапляють у водопровідні системи, а з них – в крани киян.

Система водовідведення Києва поділена на 13 каналізаційних басейнів. А протяжність каналізаційних колекторів по всьому Києву становить близько 2,5 тис. км. Заміна фізично зношених колекторів, так само як і водопровідних систем, є одними з найбільш витратних пунктів капітального будівництва.

Саме тому вважається економічно обґрунтованим будівництво нових ефективних систем водовідведення з використанням матеріалів і конструкцій, що дозволитимуть довгострокове використання таких об'єктів. Це, в свою чергу обґрунтовує актуальність обраної теми дипломного проекту.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ</b> .....	8
<i>1.1. Загальні відомості про об'єкт будівництва</i> .....	8
<i>1.2. Гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови будівництва по трасі колектору та ствола</i> .....	10
<i>1.3. Загальні конструктивні рішення</i> .....	13
<b>II. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА КОМПЛЕКСУ</b> .....	14
<i>2.1. Вибір способу будівництва виробок. Загальна організація будівництва</i> .....	14
<i>2.2. Підготовчий період</i> .....	15
<i>2.2.1. Звільнення будмайданчику</i> .....	15
<i>2.2.2. Обладнання будмайданчику</i> .....	17
<i>2.3. Штучне заморожування порід при проходці ствола</i> .....	23
<i>2.3.1. Розрахунок процесу заморожування гірських порід</i> .....	25
<i>2.3.2. Розташування заморожуючих свердловин навколо ствола</i> .....	26
<i>2.3.3. Визначення кількості холоду на заморожування</i> .....	27
<i>2.3.4. Вибір обладнання заморожувальної станції</i> .....	28
<i>2.4. Проходка ствола</i> .....	29
<i>2.4.1. Проходка ствола по м'яким породам</i> .....	29
<i>2.4.2. Проходка ствола по міцних породах</i> .....	31
<i>2.5. Проходка каналізаційного колектору</i> .....	38
<i>2.5.1. Вибір і обґрунтування виконання опорядження колекторного тунелю глибокого закладення</i> .....	38

<i>2.5.2. Проектування опорядження колекторного тунелю глибокого закладення.....</i>	54
<i>2.5.3. Технологія проходки колекторного тунелю.....</i>	63
<b>III. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	72
<i>3.1. Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей об'єкта, що проектується.....</i>	72
<i>3.2. Інженерні заходи забезпечення безпеки ведення робіт на об'єкті, що проектується.....</i>	73
<i>3.3. Організація безпечного ведення робіт на об'єкті.....</i>	75
<i>3.4. Пожежна безпека об'єкта, що проектується.....</i>	82
<i>3.5. План ліквідації аварії.....</i>	83
<i>3.6. Заходи з охорони навколишнього середовища.....</i>	84
<b>IV. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....</b>	87
<i>4.1. Кошторисні параметри проекту.....</i>	87
<i>4.2. Графік організації будівництва виробок.....</i>	87
<i>4.3. Розрахунок можливого економічного ефекту.....</i>	89
<i>4.4. Підсумкові техніко-економічні параметри будівництва.....</i>	90
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	91
<b>ДОДАТКИ.....</b>	93

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Проект будівництва колектору глибокого закладення комплексу каналізаційних споруд у м. Київ.» виконано в 2017 році на кафедрі будівництва, геотехніки і геомеханіки Державного ВНЗ «Національний гірничий університет».

Проект містить розділи:

1. Загальні відомості, в якому наведені загальні данні про об'єкт будівництва, гірничо-геологічні умови і основні конструктивні відомості.

2. Спеціальна частина, в якій наведені розрахунки загальних параметрів технології будівництва вертикального стволу і колектору, в т. ч. заморожування порід, буропідривного способу виконання прохідницьких робіт, кріплення колектору. В розділі також наведені технологічні особливості ведення прохідницьких робіт, виконано підбір прохідницького обладнання.

3. Охорона праці, в якому передбачені основні заходи з забезпечення безпеки виконання робіт.

4. Економічне обґрунтування з підсумковими вартісними параметрами будівництва об'єкту.

Пояснювальна записка: \_\_\_ листів формату А4 друкованого тексту и 6 аркушів креслень формату А1.

СТВОЛ, КОЛЕКТОР, ЗАМОРОЖУВАННЯ, БУРОПІДРИВНИЙ СПОСІБ ПРОХОДКИ, БЛОЧНЕ ОПОРЯДЖЕННЯ, ПРОЕКТНО-КОШТОРИСНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

# I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

## 1.1. Загальні відомості про об'єкт будівництва

Київводоканал відповідає за забір, підйом води з поверхневих та підземних джерел водопостачання, очищення відповідно до вимог Технологічних регламентів, транспортування, подачу питної води споживачам згідно з вимогами Державних санітарних правил і норм 2.2.4-171.-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» з подальшим відведення стоків не лише міста Києва, але й прилеглих населених пунктів Київської області.

Загальна схема централізованого водопостачання міста Києва складається з Дніпровської та Деснянської водопровідних станції, 32 водопровідних насосних станцій, 364 артезіанських свердловин та понад 4 тис. км водопровідних мереж. На мережах знаходяться понад 13 тис. пожежних гідрантів.

Обслуговування водопровідних мереж і споруд забезпечуються працівниками 11-ти районів експлуатації водопровідних мереж, служби експлуатації водоводів та управління експлуатації артезіанських свердловин і насосних водопровідних станцій.

Поверхнева вода з річок Дніпра та Десни на очисних водопровідних спорудах проходить повний технологічний цикл очистки за допомогою реагентів: коагулянтів, флокулянтів, хлору, аміаку. Після очищення та знезараження подається у централізовані системи водопостачання.

Середньодобова подача води споживачам м. Києва – близько 900 тис. м<sup>3</sup>/добу.

Контроль за якістю питної води здійснюється трьома виробничими лабораторіями та Київською міською санітарно-епідеміологічною службою відповідно до вимог нового нормативного документу ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 16.07.2010 року».

Щодоби відбирається та аналізується приблизно 1000 проб води.

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

Централізована система водовідведення м. Києва складається з 34 каналізаційних насосних станцій, близько 3 тис. км каналізаційних мереж та Бортницької станції аерації.

Для зручності та оперативності управління складним виробничим процесом транспортування каналізаційних стічних вод, обслуговування каналізаційних мереж і споруд система водовідведення поділяється на чотири експлуатаційні райони та два цехи насосних станцій: «Північний» і «Південний». Виконання аварійних робіт забезпечується бригадою першого виїду, а обслуговування каналізаційних колекторів великого діаметру працівниками дільниці колекторів глибокого закладання.

Бортницька станція аерації — єдині очисні споруди стічних вод міст Києва та 15-ти населених пунктів Київської області. Це складний комплекс інженерних споруд, устаткування і комунікацій, призначених для механічного та біологічного очищення стоків. На сьогодні на станції проходять очистку від 700 тис. до 900 тис. м<sup>3</sup> стічних вод на добу.

В рамках дипломного проекту виконується проектування параметрів проходки колектору частини мережі Солом'янського району, який містить 7 стволів та колектор довжиною понад 10 км.

Враховуючи схожість технологічних рішень щодо будівництва стволів, як приклад показано будівництво стволу №6.

## ***1.2. Гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови будівництва по трасі колектору та стволу***

Поверхня району майже повністю збігається з поверхнею третьої надзаплавної тераси, що має абсолютні позначки в межах 134-160 м.

Інженерно-геологічні умови даного району (в межах зони впливу споруди) характеризуються великою різноманітністю і значною складністю. Це обумовлено, перш за все, наявністю в районі складного комплексу порід, які формувалися з верхнього карбону по теперішній час. При цьому підставою для четвертинних



відкладень на північній ділянці траси служать верхньоюрські глини, на нижньому – нижньокрейдових супеси.

Колектор розкриває або перетинає наступні литолого-стратиграфічні підрозділи.

Флювіогляціальні і гляціальні відкладення дніпровської фази зледеніння – різнозерністі обводнені піски з коефіцієнтом міцності  $f = 0,3$ , що вимагають при веденні гірських робіт застосування спеціальних способів.

Ярус верхньої юри, представлений м'якопластичними глинами перешаровуються з тугопластичними суглинками, глинами щільними твердими і напівтвердими з галькою і щебенем. Сумарна потужність 13–19 м, коефіцієнт міцності  $f$  – до 1,0.

Оксфордський ярус середньої юри, представлений щільними глинами, що включають гнізда і пропластки піску. Коефіцієнт міцності  $f$  порід змінюється від 1,5 до 2.

Коллоевейській ярус верхньої юри представлений щільними глинами з коефіцієнтом міцності  $f = 1,3-2$ .

Ізмайлівська товща верхнього відділу кам'яновугільної системи, представлена тріщинуватими обводненими вапняками потужністю 2,3-6 м, доломітами потужністю 3,5 м з прошарками глин. Коефіцієнт міцності цих порід  $f$  змінюється від 1,3 до 4.

Мещерська товща верхнього відділу кам'яновугільної системи обводнена, представлена перешаруванням глин потужністю від 1,2 до 4,8 м, доломітів потужністю від 1,7 до 3,2 м, вапняків (2,8 м) і мергелів (4,2 м). Вапняки частково розкарстовані. Коефіцієнт міцності порід змінюється від 0,9 до 1,9. Сумарна потужність товщі близько 10 м.

Перхуровська товща представлена обводненою пачкою потужністю близько 5 м, що містить тріщинуватий доломіт і зруйнований вапняк, коефіцієнт міцності порід  $f = 0,8-1,9$  при переважній величині 1,4.

Неверовська товща верхнього відділу кам'яновугільної системи потужністю близько 19 м представлена щільними глинами, мергелями з прошарками глин.

Коефіцієнт міцності порід змінюється від 1,4 до 4. Товща є регіональним водоупором.

Ратмірівська товща представлена перешаруванням доломіту, розкарстованих вапняків і мергелями. Загальна потужність близько 10 м, товщі містять напірні води. Коефіцієнт міцності порід  $f$  – від 2,1 до 3,4.

Воскресенська товща представлена глинистими породами загальною потужністю до 10 м. Товща безводна, коефіцієнт міцності  $f = 0,9-1,0$ .

Суворовська товща, потужністю до 10 м, складена тріщинуватими вапняками (2,5 – 3 м) і глинами (1,4 м). Коефіцієнт міцності порід товщі  $f = 4...7$ .

Верхньокарбові відкладення представлені перешаруванням субгоризонтальних товщ з карбонатних і глинистих порід, потужністю від 5 – 7 до 10 – 15 м. Товщі карбонатних порід складені переважно вапняками і доломітами, зустрічаються і мергелісті різниці. В цілому можна прийняти, що їх щільність 2,30 – 2,40 г / см<sup>3</sup>, модуль деформації 500 – 750 МПа.

Породи від середньо до сільнотріщинуватих, місцями зруйновані карстовими процесами до дресв'яно–щебнистого з глинистим заповнювачем доломітового борошна.

Товщі глинистих порід складені глинами твердими і полутвердими, місцями тугопластичних. Породи сланцюваті, плитчасті. Зустрічаються лінзи і прошарки вапняків, доломіту, мергелів від малої міцності до міцних, потужністю від 0,2 – 1,0 м до 4,0 – 5,0 м.

Верхньокарбові відкладення повсюдно перекриваються верхньоюрським келовою – оксфордською глинистою товщею потужністю від 10 до 25 м. Глини шаруваті, плитчасті, тверді та напівтверді, в північній половині траси у верхній частині товщі глини туго – і м'якопластичні з рідкісними прошарками піску дрібного водонасиченого потужністю до 0,5 м.

У південній частині траси юрські відкладення перекриті супісчано-суглинними середньої щільності відкладеннями нижнього мелу. Потужність цієї товщі ґрунтів 7 – 9 м.

Четвертинні відклади представлені з поверхні насипними (культурний шар) ґрунтами у вигляді супісчано-суглинистими матеріалами з уламками будівельного сміття. Потужність таких відкладень сягає 3 – 5 м.

Піски різної крупності, з включенням дрібного гравію і обломочного матеріалу. Як піски, так і супіски мають здатність переходити в пливунний стан.

Гідрогеологічні умови району траси каналу глибокого закладення і каналізаційних шахт характеризуються наявністю в його межах водоносних комплексів мезо-кайнозойських і камнеугільних відкладень, представлених кількома горизонтами. Зазначені комплекси розділені регіональним водоупором з верхнеюрських глин, що залягають на відмітках від 95 – 105 м (в підшві) до 125 м (в покрівлі).

В цілому інженерно-геологічні умови будівництва підземної споруди можна оцінити, як складні. Так, при будівництві стволів в мезокайнозойських відкладеннях потрібно проходка слабких зв'язаних ґрунтів, часто м'яко і, можливо, піщаних і супіщаних, водонаповнених з імовірною можливістю переходу в стан пливунів, що вимагає застосування спеціальних способів проходки. При будівництві тунельних виробок найбільші складності можуть бути при проходці в м'яко-пластичних глинах (юрських), в водонасичених піщаних четвертинних відкладеннях (в північній частині траси). При проходці в верхньокаменугільних відкладеннях глинисті породи є відносно стійкі. У той же час вапняки, зважаючи на свою порушеність, в тому числі карстовими процесами, є слабостійкими і нестійкими, схильними до значних вивалоутворень.

Крім того, в вапняках ратміровской товщі можливі відносно великі водопрпливи до десятків кубічних метрів на годину з одного погонного метра виробки. Близькість перегінних тунелів метрополітену та залізнична колія переважно на початку будівництва колектору також негативно впливає на будівництво.

### *1.3. Загальні конструктивні рішення.*

Проектом будівництва колектору передбачається проектування технології і організації будівництва двох виробок – вертикального ствола великого перерізу і власне колектору.

Вертикальний ствол діаметром 16 м у світлі та глибиною 31,2 м призначений для об'єднання стоків двох сусідніх ниток колекторів і розміщення насосного обладнання в період експлуатації. Крім цього стовбур потрібен для спуску обладнання, робітників і видачі породи в період будівництва.

Діаметр стволу в проходці – 19 м, а товщина бетонного монолітного кріплення – 1,5 м. У стволі розміщується в період проходки клітьовий і баддєвий підйоми, а також людське відділення. У період проходки колектору передбачається заміна баддєвого підйому ще одним клітьовим.

Колектор призначений для напірного і безнапірного транспортування колекторних вод. Загальна довжина колектору – 11 100 м. Діаметр тунелю в проходці – 6 м, у світлі – 5,6. Кріплення тунелю – багат шарове, виконує дві функції: огороження виробки від гірського тиску, а також герметизацію і гідроізоляцію тунелю. Для захисту тунелю використовуються збірні залізобетонні блоки Б-60-в і Бл-60-в. Герметизація забезпечується шляхом формування додаткового внутрішнього кільця товщиною 300 мм по контуру тунелю в металевій суцільнозварній сорочці.

## II. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА КОМПЛЕКСУ

### *2.4. Вибір способу будівництва виробок.*

#### *Загальна організація будівництва.*

По трасі колектора, згідно з даними геологічних вишукувань породи м'які і середньої міцності (максимальне значення –  $f = 4$ ). У таких гірничо-геологічних умовах найбільш раціональним є механізований спосіб руйнування породного масиву. З огляду на довжину тунелю (11100 м) при його проходці економічно ефективним є застосування щитового способу проходки.

Для проходки ствола в обводнених умовах передбачається застосування механізованого способу на ділянках з міцністю порід до  $f = 3$ , а на перхурівській, неверівській і ратмірівській товщах, де на окремих ділянках сумарною потужністю 9,3...17,1 м міцність ґрунтів сягає  $f = 4$  – буде використовуватись буропідливний спосіб проходки. Крім того, проходка стволів виконується з використанням додаткових заходів захисту забою від проривів води, а саме – штучне заморожування ґрунтів з метою формування ледопородної огорожі за контуром перерізу ствола в проходці.

Послідовність будівництва містить:

1. формування ледопородної огорожі, монтаж розсолонепровідної мережі, періоди активного і пасивного заморожування;
2. Проходка вертикального ствола гірським способом, в нижній частині зумпфа – буропідливним, з подальшим армуванням перерізу ствола.
3. Проходка колектора на всю довжину щитовим способом з наступною додатковою герметизацією всієї внутрішньої поверхні труби.

### *2.5. Підготовчий період*

#### *2.2.1. Звільнення буд майданчику.*

До початку робіт з освоєння будмайданчиків необхідно виконати наступні

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

ВИМОГИ:

1. Відселити мешканців.
2. Вивести організації, підприємства та установи.
3. Оформити дозвіл (ордер) на проведення робіт.
4. Встановити огорожу будівельного майданчика згідно будгенплану.
5. Відключити і вирізати вводи газу, водопроводу, каналізації, тепломережі, кабельної та повітряної ліній електропередачі, ліній телефонного та радіо-зв'язку та інших комунікацій.
6. Вжити заходів щодо безперебійного інженерного забезпечення будівель і споруд, що залишилися.
7. Ліквідовані підземні споруди повинні вилучатись з ґрунту. При значній трудомісткості, високої вартості робіт з вилучення або інших причин вони можуть бути залишені в ґрунті за умови звільнення споруд від продуктів, що транспортуються, демонтажу запірної арматури, розбирання камер і колодязів на глибину не менше 1 м, ретельного заповнення всіх пустот відповідно до проекту.
8. Встановити при в'їзді на майданчик і виїзді з нього інформаційні щити із зазначенням найменування та місцезнаходження об'єкта, назви замовника і організації, що проводить роботи, номерів телефону, посад і прізвищ виконавця робіт, дат початку і закінчення будівництва. Найменування підрядних організацій та номери телефонів вказуються також на побутових приміщеннях, щитах огороження, механізмах, кабельних барабанах і т.д.
9. Змонтувати освітлення робочих місць.
10. Обладнати виїзди з будівельних майданчиків (при розробці та вивезенні ґрунту) пунктами мийки та очистки коліс автотранспорту.
11. Обладнати будівельні майданчики побутовими приміщеннями для робочих і ІТП з каналами телефонного та радіозв'язку, гігієнічними кімнатами та кімнатами для обігріву, відпочинку і прийому їжі.
12. Установити бункер накопичувач для збору будівельного сміття або вигородити для цих цілей спеціальний майданчик. Накопичення сміття понад однієї машини забороняється.

Встановлюється наступний порядок виконання робіт підготовчого періоду:

1. Вносяться в натуру осі будівель, підземних споруд. Винесення осей в натуру здійснюється Київмістгеотрестом або іншими організаціями, які мають ліцензію на ведення цих робіт. Зазначені роботи оформляються актом за участю замовника, підрядника та організації, яка виконує геодезичні роботи. Також проводиться узгодження з проектною організацією.

2. Для виконання заходів безпеки виробник зобов'язаний відшурфувати підземні комунікації за вказівкою і в присутності власника, вручити машиністам будівельних машин схему виконання робіт механізованим способом і позначити на місці кордону робіт і розташування підземних комунікацій, збереження яких повинна бути забезпечена.

3. Зрізання і штабелювання рослинного ґрунту з подальшим вивезенням і використанням на інших об'єктах.

4. Здійснюється вертикальне планування будівельного майданчика на підставі проекту з урахуванням найменшої трудомісткості і перевезення ґрунту. Враховується також напрямок стоку води.

5. Здійснюються заходи з влаштування водовідвідних каналок (осушенню ділянки).

6. Влаштування внутрішньомайданчикових доріг з тимчасовим покриттям з плит.

7. Споруджуються траншеї і котловани.

8. Прокладаються постійні і тимчасові підземні комунікації.

9. Будівництво побутових і складських приміщень, монтаж тимчасових споруд з водо-, електропостачання та освітлення будмайданчика.

Черговість та строки виконання робіт підготовчого періоду визначаються календарним графіком, а місця розміщення будівель і споруд - будівельним генеральним планом.

### **2.2.2. Обладнання будмайданчика.**

А) Електропостачання.

Всі роботи з проектування електропостачання виконуються згідно з вимогами ЕПБ при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом.

Джерелом електропостачання для споживачів є тимчасова трансформаторна підстанція напругою 6/0,4 кВ КТПН-400 кВА. Внутрішньомайданчикові мережі напругою 380 В – трифазні, тридротові і виконані броньованими кабелями з алюмінієвими жилами, прокладених по кабельних естакадах, по стінах будівель і під землею. Живлення трансформаторної підстанції здійснюється від найближчої районної підстанції по двох лініях електропостачання (ЛЕП), одна з ЛЕП – резервна.

Силові мережі напругою 380 В в будівлях прийнято трифазними тридротовими і виконаними кабелями з алюмінієвими жилами, прокладеними по стінах будівель на висоті 2,5 м і в підлозі з захистом від механічних пошкоджень кутовою сталлю, а також на висоті 3,5 м над проходами і 6,0 м над проїздами.

Електрообладнання, встановлене в будівлях, прийнято в рудниковому нормальному і рудниковому безпечному виконанні. Пускова апаратура встановлюється на стінах будівель на висоті 1,5 м.

Таблиця енергоспоживання

Назва споживача	Потужність 380 В	Коеф. вик.	Макс. Навантаження, 380 В	
			$P_{\max}$ кВт.	$Q_{\max}$ квар
1 період. Активне заморожування				
Градирня МПГ-40	4,5*5=22,5	0,9	20,25	8,63
Будівля насосної станції	81,0	0,9	46,8	19,84
Навіс над розсольними насосами	130,0	0,9	81,0	38,08
Глінорозчинний комплекс	257	0,78	200	91,2
ПХУ-50	105*6=630	0,9	472,5	267,9
Всього:	863,5	0,9	620,55	292,9

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.



Назва споживача	Потужність 380 В	Коеф. вик.	Макс. Навантаження, 380 В	
			$P_{\max\text{кВт.}}$	$Q_{\max\text{квар}}$
2 період. Проходка ствола				
ПХУ-50	105*4=420	0,9	283,5	140,46
Градижня МПГ-40	4,5*3=13,5	0,9	12,15	5,18
Будівля насосної станції	81	0,9	46,8	19,94
Навіс над розсольними насосами	130	0,9	45	21,15
Ствол и копер	11	0,5	5,5	2,51
Підіймальна машина МПП-4	120	0,79	95	61,4
Вентиляторна	2*25=50	0,8	40	19,36
Навіс над лебідками	30,8	0,5	15,3	10,45
КБ-403Б	77,6	0,5	38,8	16,52
Компресорна	654,67	0,5	327,34	149,27
Матеріальний склад	0,66	---	0,66	
Слюсарна майстерня	8,5	---	8,5	
Арматурний цех	6,5	---	6,5	
Нарядна, побутові приміщення	5*3=15	---	15	
Всього:	1682	0,75	938,25	473,5

Максимальна потрібна потужність доводиться на останній рік проходки ствола.

Розрахунок потужності тимчасової електропідстанції проводиться по встановленій потужності одночасно працюючих механізмів з електродвигунами в момент найбільшого розвитку будівельно-монтажних робіт:

$$P = \sum P_y \times K_c = 1682 \cdot 0,55 = 938,25 \text{ кВт.}$$

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

де  $\sum P_y$  - встановлена потужність в 380 В.

$K_c = 0,2-0,6$  – коефіцієнт попиту.

Потужність трансформаторів.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{938,25^2 + 473,5^2} = 1682 \text{ кВт}, \text{ де}$$

$Q = P \cdot \text{tg}\varphi$  - коефіцієнт потужності.

Б) Водопостачання.

Вода на майданчику витрачається на господарсько-питні та протипожежні потреби. Основна кількість води витрачається на водопостачання заморозувальної станції, глинорозчинного комплексу, протипожежне водопостачання, санітарно-побутові потреби. Джерелом водопостачання є існуючий господарсько-питний водопровід. Для оборотного і протипожежного водопостачання запроектована насосна станція, в якій встановлюються два насоси для оборотного і один насос для протипожежного водопостачання.

Мережа водопроводу проектується зі сталевих труб по ГОСТ 10704-76 діаметром 50-100 мм на глибину 2,0 м від поверхні землі до дна траншеї. Труби, що проходять по поверхні землі, теплоізолюються.

З метою зменшення витрат води для охолодження компресорів і конденсаторов в заморозувальній станції проектується зворотна система водопостачання з охолодженням води на малогабаритній пересувний вентиляторній градирні типу МПГ-40.

До складу оборотного водопостачання станції входять наступні спорудження:

1. Насосна станція оборотного водопостачання.
2. Градирня вентиляторна МПГ - 40.
3. Збірний резервуар для охолодженої води.
4. Мережа трубопроводів.

Кількість води - 175 м<sup>3</sup>/год. Рух води в оборотній системі створюється циркулярним насосами К160/30 з електродвигунами типу 4А180ОМ4 потужністю

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

30 кВт кожен. До встановлення прийнято два насоси – один для охолодженої води, другий – резервний. Для збору охолодженої води від градирень прийнятий резервуар об'ємом 100 м<sup>3</sup> і діаметром 5,5 м з тюрінгових кілець, він же використовується для протипожежного водопостачання. За даними розрахунку температура охолодженої води становить 21 С<sup>0</sup>. Доставка свіжої води в оборотну систему прийнята в розмірі 5%.

На виробничі потреби витрата (л / с) розраховуємо за формулою:

$$q_{np} = \frac{\sum \Phi \cdot q \cdot k_z}{n \cdot 3600} = 2,9 \text{ л/с}$$

Φ – добова продуктивність механізмів, установок або обсяги робіт, що виконуються;

q – норма витрат води, л;

k<sub>z</sub> – коеф., нерівномірності споживання води;

n – число годин роботи механізмів, установок

*Питомі витрати води приймаємо за нормами:*

Виготовлення 1 м<sup>3</sup>

бетонного розчину.....200-350 л

цементного розчину.....150-300 л

Виготовлення 1 м<sup>3</sup> збірного залізобетону.....600-700 л

Промивання 1 м<sup>3</sup>

гравію.....300-500 л

піску.....750-1250 л

Для екскаваторів з двигунами внутрішнього згоряння

на 1 екскав./г.....13-20 л

Для вантажних автомашин на 1 маш/доб.....300-600 л

Для компресорів на 1 л.с./год.....30-40 л

Для тракторів, бульдозерів на 1 маш/доб.....200-500 л

Душ на 1 люд.-зміну.....25-40 л

Виробничо-побутові потреби на 1 люд.-зміну.....10-15 л

Джерелом води на санітарно-побутові потреби є існуючий водопровід. Витрата води на санітарно – побутові потреби розраховується за формулою:

$$q_{хоз} = \frac{q \cdot N \cdot K_z}{n \cdot 3600} = \frac{50 \cdot 50 \cdot 2,7}{3600 \cdot 8} = 0,3 л / с.$$

$q = 50$  л - питомі витрати на 1 людину;

$N = 50$  чел - кількість робітників;

$K_z = 2,7$  – коеф. нерівномірності використання;

$n = 8$  ч – кількість годин роботи.

Витрати води приймаємо  $25 \text{ м}^3$  на зміну.

Максимальні витрати води на будівництві:

$$q_{max} = q_{нож} + 1/2 \cdot (q_{пр} + q_{хоз}) = 16,6 \text{ л/с}$$

$$\text{т.к. } q_{пр} + q_{хоз} < 2q_{нож}$$

Каналізації підлягають умовно-чисті води від переливу оборотного водопостачання заморозувальної станції і санітарно-побутових потреб. Мережа каналізації споруджується із сталевих труб діаметром 100 мм по ГОСТ 10704-76. Проектований трубопровід прокладається на глибині 1,5 - 2,0 м і підключається до існуючої каналізації. Точка підключення уточнюється за місцем.

Таблиця водоспоживання і водовідведення

Назва водоспоживачів	Потрібна кількість води			Потрібна кількість оборотної води			Скидання		
	м <sup>3</sup> /с	м <sup>3</sup> /Г	л/с	м <sup>3</sup> /с	м <sup>3</sup> /Г	л/с	м <sup>3</sup> /с	м <sup>3</sup> /Г	л/с
Заморозувальна ст.	210	8,75	2,43	4200	175	48,6	126	5,25	1
Глинорозчинний комплекс	100	25	6,92	-	-	-	-	-	-
Компресорна	11	1,37	0,39	-	-	-	-	-	-

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

Вентиляційна установка	9	1,13	0,38	-	-	-	-	-	-
Калориферна	3	0,4	0,14	-	-	-	-	-	-
Протипожежні потреби	108	36	10	-	-	-	-	-	-
Вантажні машини	8	1	0,3	-	-	-	8	1	0,3
Санітарно-побутові потреби	25	3,57	1	-	-	-	25	3,57	1

В) Вентиляторна и калориферна установки.

Провітрювання ствола при його проході здійснюється двома безперервно діючими вентиляторами установками за нагнітальною схемою. Кожна установка вентилятора СВМ - 6М. Вентиляційні установки розташовуються в діаметрально протилежних точках, і кожна подає повітря в ствол за своїм ставом діаметром 800 мм. Кожна вентиляторна установка має по 2 калорифера КВБ 10Б-ПУЗ.

Г) Компресорна установка.

Найбільша витрата стисненого повітря буде в період буріння шпурів і становить з урахуванням поверхневих споживачів 50 м<sup>3</sup>/хв. Стиснене повітря в ствол подається від компресорної станції, що складається з трьох гвинтових компресорів типу 6ВКМ-25/8 (1 в резерві) з електродвигуном АЗ-315М-2БУ (потужністю 200 кВт, 380 В, 2965 об/хв).

Д) Конструкції тимчасових будівель і споруд.

Прохідницький копер, будівля глинорозчинного комплексу, компресорної, вентиляторної, насосної станції, навіс над насосами розсолів, навіс над прохідницькими лебідками каркасні. Каркас складається з металевих колон – двотаври або труби, металеві балки покриття – з двотаврів і швелерів. Зовнішні мережі виконуються з профільованого сталевих листа або тришарових панелей із сталевих листів з утепленням жорсткими мінераловатними плитами. Панелі кріпляться до ригелів болтами. Покрівля профільований сталевий лист або 2 шари руберойду на бітумної мастиці. Вікна дерев'яні для виробничих будівель по ГОСТ

12506-81, двері дерев'яні по ГОСТ 14624-69. Резервуар для глинистого розчину, резервуар оборотного і протипожежного водопостачання, резервуар для миття коліс автомобілів з чавунних тюбінгів, днище – монолітний залізобетон, плити покриття – залізобетонні збірні ПТК-63-10. Фундаменти під тимчасові будівлі і споруди – монолітні бетонні з бетону класу В 7,5. Тимчасові автодороги і майданчики запроектовані із залізобетонних плит ПД 2-9,5 по шару з щебеню товщиною 300 мм. Площа заощення тимчасових автодоріг і майданчиків 2200 м<sup>2</sup>. Огорожа майданчика – металева сітка по залізобетонним стовпам висотою 2,5 м. Майданчик поєднаний проїздом з постійними автодорогами, має пожежний в'їзд, між будинками передбачені протипожежні проїзди.

## ***2.6. Штучне заморожування порід при проходці ствола***

Для забезпечення надійності функціонування колектору глибокого закладення передбачається спорудження семи вертикальних стволів шахт, чотири з яких будуть мати діаметр 6 м, два – 12 м і один діаметр 16 м.

Габарити стволів, особливо 16 м визначалися необхідністю перепуску через них примикають діючих колекторів і розміщенням експлуатаційного обладнання.

Будівництво стволів буде пов'язане з певними труднощами, пов'язаними не тільки зі складними гірничо-геологічними умовами в яких вони будуть проходитися, але і з відсутністю типового прохідницького обладнання на ці розміри стволів. Наявне обладнання (прохідницькі копри, нульові рами, полки) застосовні лише для проходки стволів з максимальним діаметром в світлі 8,0...9,0 м. Вочевидь, в найбільшій мірі ускладнення проявляться при проходженні ствола діаметром 16 м.

Спорудження ствола здійснюється в складних гірничо-геологічних умовах, що буде показано нижче, тому для проходки необхідно використовувати спеціальні методи будівництва.

Штучне заморожування гірських порід здійснюють для створення ледопородної завіси, що захищає в період проходки ствола від потрапляння в нього води, пливуна і водоносних пісків.

Штучне заморожування можна застосовувати при будівництві будь-яких шахтних і міських підземних споруд.

Спосіб штучного заморожування полягає в наступному. Навколо наміченого до проходки ствола бурять свердловини і опускають в них заморожуючі колонки, за якими безперервно циркулює розсіл, охолоджений на поверхні на охолоджуючій станції. Тепло від гірських порід переходить до розсолу, а заморожені породи змикаються в кільцеву ледопородну стіну, здатну протистояти гідростатичному напору води.

Спосіб проходки стволів з попереднім заморожуванням гірських порід включає: буріння заморожуючих свердловин, монтаж заморожуючих колонок, заморожувальної станцій і розсільної мережі, створення ледопородної огорожі (активне заморожування), підтримання ледопородної огорожі в заданих параметрах на період проходки (пасивне заморожування), демонтаж заморожувальної станції і розсільної мережі, відтаювання заморожених порід, витяг обсадних і заморожуючих труб і погашення свердловин.

Виходячи з аналізу гідрогеологічних умов, фізико-механічних і теплофізичних властивостей породи приймається розсільний спосіб заморожування.

Режим заморожування – звичайний, температура холодоносія - 20-25 °С. Відповідно, приймається робота заморожувальної станції за одноступінчастої схемою стиснення. Схема циркуляції – зворотня, так як для прискорення початку проходки потрібно в першу чергу заморозити верхню частину ствола.

Глибина заморожування 55,5 метрів, заморожуючі свердловини заглиблюються в водоупори на глибину 3 м.

### ***2.3.1. Розрахунок процесу заморожування гірських порід.***

Виходячи із заданих гірничо-геологічних і гідрогеологічних умов визначаємо мінімальну товщину ледопородної огорожі (ЛПО).

Товщину стінки ЛПО в місці змикання циліндрів, утворених сусідніми колонками, необхідно визначати з умови обмеження пластичних деформацій заморожених порід в незакріпленій частині ствола, що можуть призвести до руйнування ЛПО. Товщину ЛПО слід визначати для пластів, які становлять найбільшу небезпеку при проходженні стволів.

Для стволів глибиною 40-80 метрів, де проявляються пружні деформації, товщина ЛПО може бути визначена за формулою Ляме:

$$E = R_b \left( \sqrt{\frac{[\sigma_c]}{[\sigma_c] - 2P_{\max}}} - 1 \right)$$

де  $R_b$  – радіус ствола в проходці;

$P_{\max}$  – максимальний тиск гірських порід і води на ЛПО:

$$P_{\max} = P_{\text{горн}} - P_{\text{гидр}}$$

$P_{\text{горн}}$  – максимальний тиск гірських порід на ЛПО, який визначається за формулою проф. М.М. Протодьяконова:

$$P_{\text{горн}} = (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2) \cdot A$$

Так як скельні породи зруйновані, то гірський тиск в скельних породах можна розраховувати як для сипучих порід. Таким чином, максимальний гірський тиск буде проявлятися в ґрунті нижнього обводненого шару. Для глин, наносів, піщано-глинистих порід  $A = 0,22$ , для сипучих порід  $A = 0,45$ .

$$P_{\text{горн}} = 28 \cdot 2700 \text{ кН/м}^3 \cdot 0,45 + 28 \cdot 2800 \text{ кН/м}^3 \cdot 0,22 = 512 \text{ кН/м}^2 .$$

$P_{\text{гидр}}$  – гідростатичний тиск, визначається за формулою:

$$P_{\text{гидр}} = \gamma H_{\text{см}} = 35 \cdot 1000 = 350 \text{ кН/м}^2 .$$

$$P_{\max} = 512 + 350 = 862 \text{ кПа} .$$

$[\sigma_c]$  – припустимі напруження стиснення водоносної породи, визначається:

$$[\sigma_c] = \frac{\sigma_c}{n}$$

$n$  – коеф. запасу міцності, дорівнює 3;



$\sigma_c$  - межа міцності на стиснення замороженої породи, дорівнює 6 МПа.

$$[\sigma_c] = 6/3 = 2 \text{ МПа.}$$

Звідси:

$$E = 8 \left( \sqrt{\frac{2000}{2000 - 2800}} - 1 \right) = 1,92 \text{ м}$$

Приймаємо 2,0 м.

### **2.3.2. Розташування заморожуючих свердловин навколо стволу.**

При наявності швидких фільтраційних потоків і товщині ледопородного огорожі до 3 м приймається однорядне розташування заморожуючих свердловин. Діаметр окружності розташування центрів устьє заморожуючих свердловин визначається за формулою:

$$D = D_{\text{пр}} + 1,2E + 2\alpha$$

де  $\alpha$  - припустиме відхилення свердловини від вертикального положення – 0,25 м.

$$D = 16 + 2 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,6 = 21 \text{ м}$$

Відстань між заморожуючими свердловинами за досвідченими результатами приймаємо рівним 1,25 м. Діаметр колонки приймаємо стандартним, рівним 114 мм. Відповідно число свердловин розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{св}} = \frac{\pi D}{N} = \frac{3,14 \cdot 21}{1,25} = 53 \text{ св.}$$

Кількість додаткових свердловин приймається як 0,1 від числа заморожуючих і приймається рівним 5.

Крім цього необхідно пробурити 4 термонаблюдальних і 2 (по числу водоносних горизонтів) гідронаблюдальних свердловин. Тоді число свердловин складе:

$$53 + 4 + 2 + 5 = 64 \text{ свердловини.}$$

Діаметр колонки складає 114 мм. з товщиною стінки 4 мм., діаметр свердловини - 150 мм.

### 2.3.3. Визначення кількості холоду на заморожування.

Температура холодоносія залежить від гідрогеологічних характеристик гірських порід, діаметра ствола і глибини заморожування, а також від способу проходки.

При глибині заморожування до 100 м і діаметрі ствола 16 м, при температурі порід 10-12° С температура холодоносія приймається – -20-25° С. Середня температура замороженої породи складе – -10-12° С.

Обсяг замороженої породи складе

$$V = (\pi R_n^2 - \pi R_{вн}^2) \cdot H = 38513,6 \text{ м}^3.$$

Визначаємо кількість холоду на заморожування 1 м<sup>3</sup> породи. Розрахунки ведуться окремо за чотирма факторами: охолодження води від початкової температури до температури замерзання, фазовий перехід води в лід, охолодження льоду від температури замерзання води до середньої температури заморожених порід і охолодження породи до середньої температури заморожених порід.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$q_1$  – охолодження води до температури замерзання:

$$q_1 = V_b \cdot \gamma_c C_b (t_n - t_0) = 184862400 \text{ ккал}$$

$q_2$  – фазовий перехід води до льоду

$$q_2 = V_b \cdot \gamma_b \cdot \sigma = 1232416000 \text{ ккал}$$

$q_3$  – охолодження льоду

$$q_3 = V_n \cdot \gamma_n \cdot \sigma = 166376160 \text{ ккал}$$

$q_4$  – охолодження породи до заданої температури

$$q_4 = V_n \cdot \gamma_n \cdot C_n (t_0 - t_{np}) = 583428100 \text{ ккал}$$

Всього:  $Q = 2\,167\,082\,660$  ккал.

Визначається зовнішній приплив тепла до ледопородної огорожі за 1 годину по формулі:

$$Q_{ок} = 2\pi(R_n + R_b)H_{ок}$$

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

$q_{ст}$  - щільність теплового потоку.

При початковій температурі породи  $-10-12^{\circ}\text{C}$  приймаємо  $5 \text{ ккал/м}^2 \text{ год}$ .

$H$  – глибина заморожування;

$R_n, R_b$  – зовнішній і внутрішній радіуси огорожі.

Загальна кількість холоду, необхідна для утворення проектної товщини ЛПО огорожі дорівнює сумі кількості холоду на заморожування і зовнішнього припливу тепла за час заморожування:

$$Q_k \tau = Q_3 + Q_{охл} \tau$$

$Q_k$  – теплопоглинаюча здатність колонок:

$$Q_k = F_k \cdot q_f$$

$F_k$  – сумарна площа поверхні колонок:

$$F_k = \pi d_k \cdot H = 19,7 \text{ м}^2, \text{ всіх колонок} = 1141,8 \text{ м}^2.$$

$q_f$  – питомий тепловід'єм, який дорівнює при товщині ЛПО и температурі розсолу  $-20^{\circ}\text{C}$   $200 \text{ ккал/м}^2 \text{ год}$ .

$$Q_k = 1141,8 \cdot 200 = 228360 \text{ ккал/год.}$$

#### **2.3.4. Вибір обладнання заморожу вальної станції.**

Для заморожування порід приймаємо 6 установок Пху - 50.

Потрібне кількість аміаку для початкового заповнення системи визначають з розрахунку 2 - 3 кг аміаку на 1000 ккал холоду.

Час, необхідний на створення ледопородного огорожі (активний режим) становить:

$$\tau = \frac{Q_3}{(Q_k - Q_{охл}) \cdot 24} = 58,3 \text{ діб}$$

Приймаємо 60 діб

Подальша робота заморожуючої станції здійснюється в пасивному режимі. Його тривалість дорівнює часу ведення прохідницьких робіт.

#### **2.4. Проходка ствола.**

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

### **2.4.1. Проходка ствола по м'яким породам.**

Ствол на всю глибину проходиться гірським способом під захистом ледопородної огорожі. Проходка починається після спорудження галереї для обладнання заморожуючих свердловин і розсолопроводу і оголовка з внутрішнім сталевим екраном на глибину 3 м.

Всі роботи ведуться у вибої ствола. Розробка слабких порід ведеться екскаватором, порід міцністю 1,5 відбійним молотком, порід міцністю 3 і більше буропідривним способом з навантаженням породи в бадді екскаватором ЕО-2621В (на базі трактора «Білорусь»). Ємність бадей 5 м<sup>3</sup>, видача бадей підйимальною машиною.

Спуск внутрішнього сталевих екрану основним підйомом, монтаж екрану – тельфером, для чого під перекриттям стволу закріплюється кільцева монорейка. Спуск-підйом людей і матеріалів – баддею. Спуск-підйом екскаватора до і після буропідривних робіт лебідкою.

Укладання бетону на сталевий екран проводиться після монтажу кожного кільця висотою 1,0 м через отвори в верхньому, раніше встановленому кільці екрану, які потім герметично заварюються накладками. Труби для спуску бетону, вентиляційні та для стисненого повітря навішуються на кріплення, для спуску-підйому екскаватора, рятувальних сходів, підвіски кабелів передбачаються лебідки.

#### **Екскаватор ЕО-2621В:**

Місткість ковша, м <sup>3</sup> .....	0,25
Хід .....	пневмоколісний
Потужність двигунів, кВт .....	44,1
Радіус повороту платформи, м .....	неповоротна
Найбільший схил, що долається, град .....	20
Робочий тиск в гідросистемі, МПа .....	10
Маса екскаватора, кг .....	5700

Для транспортування відвантаженої породи до місця відвалу в якості транспортних засобів застосовуються автосамоскиди. Тип автосамоскиду залежить

від ємності ковша екскаватора і дальності транспортування ґрунту. При дальності перевезення ґрунту до 8 км найбільш доцільна вантажопідйомність автосамоскиду становить близько 10-15 т. Виходячи з даних умов вибирається наступний тип автосамоскиду українського виробництва: КрАЗ-256 вантажопідйомністю 10 т.

Необхідна кількість автосамоскидів визначається за такою формулою:

$$N = 1 + (T_{np} + T_{yp} + T_p + T_m / T_{дн} + T_m + T_{под}) \text{, где}$$

$T_{np} = (2L/V)60$  хв – тривалість поїздки автосамоскиду в обидва кінці;

$L$  – відстань транспортування, км;

$V$  – середня швидкість руху автосамоскиду, км/год.

Тоді:

$$T_{np} = 25 \text{ хв.};$$

$T_{yp} = 0,5$  хв – час установки автосамоскиду під розвантаження;

$T_p = 1,5$  хв. – час розвантаження;

$T_m = T_1 + T_2$  – відповідно час очікування біля екскаватора і час на маневр:  $T_m = 1,4$  хв.

$T_{дн} = 0,5$  хв. – час установки під навантаження;

$T_n = n_k T_y$  – час навантаження кузова, хв.

$n_k = 6$  – кількість ковшів для заповнення кузова;

$T_y = 0,3$  хв. – тривалість циклу черпання;

$T_{под} – час підймання і спуску бадді = 2$  хв.;

$$T_n = 6 \cdot 0,3 = 1,8 \text{ хв.}$$

Відповідно кількість самоскидів:

$$N = 1 + (25 + 0,5 + 1,5 + 1,4/0,5 + 1,8 + 2) = 7 \text{ шт.}$$

Для вивезення ґрунту за межі будмайданчика приймається 7 автосамосвалов.

Об'єм породи за одну ходку складає  $283,4 \text{ м}^3$ .

#### **2.4.2. Проходка ствола по міцних породах.**

Проходка ствола по міцних породах здійснюється за допомогою буропідривного способу ведення робіт. Як ВР застосовується амоніт скельний №1 патронуваній, який має наступні параметри:

- щільність патронів  $\text{г/см}^3$  0,95 – 1,1
- працездатність за Трауцлю,  $\text{см}^3$  – 450
  - діаметр патронів, мм – 36
  - маса патронів, г – 300
  - довжина патронів, мм – 250

Тип електродетонаторів - ЕД-8-Ж; ЕД-КЗ. Від мережі напругою 220 В (мінна станція).

За даними розвідки найбільша міцність порід, потужність якої перевищує 1 м, по трасі тунелю становить  $f = 4$ . Максимальна потужність шару, приуроченого до мещерських і перхуровських товщ відкладів, становить 9,3 м.

БПР у вертикальних стволах мають певну специфіку, зумовлену близькістю постійного кріплення і підвісного прохідницького обладнання та рядом інших факторів.

Найважливіші показники ефективності БПР:

- коефіцієнт використання шпурів (оптимальний 0,93 ... 0,95), що визначає питомі витрати на 1 м посування забою (з урахуванням міцності порід приймаємо  $\text{КВШ} = 0,95$ );

- коефіцієнт надлишку перерізу по стволу, пов'язаний з об'ємом породи, що виймається і перевитратою бетону;

- гранулометричний склад підірваної породи, що впливає на час її збирання.

Головним параметром підривних робіт: питома витрата ВР, кількість і глибина шпурів.

Глибина шпурів визначається міцністю порід, рівнем механізації, припустимим значенням незакріпленого відходу.

Із зростанням глибини шпурів збільшується час другої фази прибирання породи, яка мало механізована.

З огляду на розташування виробки, необхідність забезпечення максимальної безпеки виконання робіт і загальний обсяг породного масиву на ділянці ствола, який проходиться буропідривним способом, при плануванні технології виконання вибухових робіт слід передбачити спеціальні організаційні та технічні заходи, які дозволять дещо знизити небезпеку виконання робіт.

По-перше, передбачається послідовне секторальне розкриття перерізу вибою з розподілом його на 8 частин, в одній з яких будуть розміщуватися врубові шпури. Сім секторів послідовно будуть відпрацьовуватися на оголену поверхню першого сектора.

По-друге, довжина заходки визначається виходячи з можливості мінімізації кількості вибухової речовини, що одночасно підривається в умовах густонаселеного міста і технологічних особливостей процесів проходки. Так, наприклад, якщо врахувати, що висота елементів опалубки становить 1,0 м, то мінімальною та рекомендованою глибиною заходки слід визнати саме це значення.

По-третє, в межах серії підривання планується не підривати більше 10 кг ВР.

Визначення глибини шпурів:

$$l_{ш} = \frac{l_{зах}}{\eta}, \text{ м}$$

де  $l_{зах}$  – довжина заходки, м.

$\eta$  – К.В.Ш. (коефіцієнт використання шпурів) для вибоїв з однією вільною поверхнею – 0,85, для вибоїв з двома вільними поверхнями – 0,9.

$$l_{ш} = \frac{1,0}{0,85} = 1,2 \text{ м};$$

Глибина врубових шпурів на 15...20 см більше.

$$l_{ш}^{вр} = l_{ш} + 0,15 = 1,35 \text{ м};$$

Визначення питомих витрат ВР:

$$q = 2q_1 \cdot f \cdot e \cdot t, \text{ кг/м}^3$$

де  $q_1$  – питомі витрати ВР на 1 м<sup>3</sup> масиву, який є обуреним:

$$q_1 = 0,1 \cdot f ;$$

$f$  – коефіцієнт міцності порід;

$$q_1 = 0,1 \cdot 4 = 0,4,$$

$f$  – коефіцієнт, що враховує текстуру породи,  $f=1,3$  як для порід зі складним закладенням і змінною міцністю;

$e$  – коефіцієнт працездатності ВР

$$e = \frac{P_{em}}{P_x};$$

$$P_{em} = 450 \text{ см}^3;$$

$P_x$  – працездатність прийнятого ВР,  $\text{см}^3$ .

$$e = \frac{450}{450} = 1,0;$$

$m$  – коефіцієнт, що враховує зміну потужності ВР в міру зміну діаметра патрона, при діаметрі  $d_n=36$  мм,  $m=1$ .

$$q = 2 \cdot 0,4 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,04 \text{ кг/м}^3;$$

Визначення кількості шпурів на вибій виробки:

$$N = \frac{1,27 \cdot q \cdot S_{np}}{\Delta_n \cdot d_n^2 \cdot \kappa_{зан}}, \text{ шт}$$

де  $\Delta_n$  – щільність патронування ВР,  $\text{кг/м}^3$ ;  $d_n$  – діаметр патрону ВР, м;  $\kappa_{зан}$  – коефіцієнт заповнення шпурів ВР.

Під час розрахунків величина  $\kappa_{зан}$  визначається з урахуванням мінімальної довжини забійки (0,5) и прийнятої довжини шпуру (1,2 м). Для ствола  $\kappa_{зан}=0,42$  (при можливому діапазоні 0,3...0,58).

Площа сектора складає  $S_c = \frac{\pi D^2}{32} = 35,42 \text{ м}^2$ .

$$N = \frac{1,27 \cdot 1,04 \cdot 35,42}{0,036^2 \cdot 1100 \cdot 0,42} = 76 \text{ шт};$$

Визначення кількості породи, що одночасно підривається:

$$V = S \cdot l_{ш}, \text{ м};$$



де  $l_{ш}$  – глибина шпуру, м;

$S$  – площа перерізу виробки, м<sup>2</sup>.

$$V_{к} = 35,42 \cdot 1,2 = 42,5 \text{ м}^3.$$

Визначення розрахункових витрат ВР на вибій 1-го сектору:

$$Q_{розр} = q \cdot V, \text{ кг}$$

де  $q$  – питомі витрати ВР, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм породи, що підривається, м<sup>3</sup>.

$$Q = 1,04 \cdot 42,5 = 44,2 \text{ кг};$$

Визначення середньої маси шпурового заряду:

$$q_{ш} = \frac{Q_{розр}}{N}, \text{ кг}$$

де  $Q_{розр}$  – розрахункові витрати ВР на вибій виробки (1-го сектору);

$N$  – кількість шпурів на вибій виробки.

$$q = \frac{44,2}{76} = 0,58 \text{ кг};$$

Триману середню масу шпурового заряду ВР для врубових шпурів збільшуємо на 20 %.

Визначення кількості патронів ВР в шпурі:

$$n_n = \frac{q_{ш}}{m_n}, \text{ шт}$$

де  $m_n$  – маса одного патрона ВР, кг.

$$n_{вр} = \frac{0,58 \cdot 1,2}{0,3} = 2,32 = 3 \text{ шт}; \text{ в шпурах } 1 \dots 6 \text{ першого сектора};$$

$$n_{від,ок} = \frac{0,58}{0,3} = 1,93 = 2 \text{ шт в шпурах } 7-76 \text{ та у всіх шпурах } 7 \text{ секторів};$$

Визначення довжини забійки

$$l_{заб} = l_{ш} - l_{зар} = l_{ш} - l_n \cdot n_n, \text{ м}$$

де  $l_{ш}$  – довжина шпуру, м;

$l_n$  – довжина патрона, м;

$n_n$  – кількість патронів в шпурі.

$$l_{заб.вр} = 1,35 - 0,25 \cdot 3 = 0,6 \text{ м};$$

$$l_{заб.ом.,ок} = 1,2 - 0,25 \cdot 2 = 0,7 \text{ м};$$

Отже, кінцева кількість ВР на вибой

$$Q = N_{вр} \cdot n_{вр} \cdot m_n + N_{від} \cdot n_{від} \cdot m_n + N_{ок} \cdot n_{ок} \cdot m_n, \text{ кг}$$

де  $N_{вр}$ ,  $N_{від}$ ,  $N_{ок}$  – відповідно кількість врубових, відбійних и оконтурювальних шпурів, шт;

$n_{вр}$ ,  $n_{від}$ ,  $n_{ок}$  – відповідно кількість патронів у врубових, відбійних и оконтурювальних шпурах, шт.

- для першого сектора:

$$Q = 6 \cdot 3 \cdot 0,3 + 70 \cdot 2 \cdot 0,3 = 47,4 \text{ кг}$$

- для другого сектора:

$$Q = 76 \cdot 2 \cdot 0,3 = 45,6 \text{ кг}$$

Визначаємо витрати засобів ініціювання

$$N_{ЕД} = 76 \text{ шт.}$$

Приймаємо послідовне з'єднання електродетонаторів. Тип вивідних дротів ЕР (опір 1 м – 0,1 Ом, довжина – 20 м), тип магістральних проводів ВМВ (опір 1 м – 0,025 Ом, довжина – 150 м).

Приймаємо конденсаторну вибухову машинку ПВ-100М (напруга – 600 В, максимальний опір – 320 Ом).

При послідовному з'єднанні електродетонаторів опір вибухової мережі розраховується:

$$R_0 = r \cdot N_{ЕД} + r_e + R_m,$$

де  $r$  – опір електродетонаторів 3 Ом;

$N_{ЕД}$  – кількість електродетонаторів у мережі;

$r_e$  і  $R_m$  – опір вивідних і магістральних дротів, Ом;

Опір магістральних і вивідних дротів:

$$r_e = \rho_e^1 \cdot l_e = 0,1 \cdot 20 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_m = \rho_m^1 \cdot l_m = 0,025 \cdot 150 = 3,75 \text{ Ом}$$

де  $\rho^1$  – опір 1 м дроту, Ом

$$R_0 = 3 \cdot 76 + 2 + 3,75 = 233,75 \text{ Ом} - \text{менше } 320 \text{ Ом.}$$

Сила току у мережі:

$$I = U / R_0$$

$$I = 600 / 233,75 = 2,57 \text{ А}$$

де  $U$  – напруга джерела току, В.

Визначення кількості ВР, ЕД, шпурометрів і забієчного матеріалу на 1 п.м. виробки:

ВР на 1 п.м.: 
$$Q_{н.м.} = \frac{Q}{l_{зах}}, \text{ кг}$$

$$Q_{н.м.} = \frac{47,4}{1,0} = 47,4 \text{ кг}$$

$$Q_{н.м.} = \frac{45,6}{1,0} = 45,6 \text{ кг}$$

ЕД на 1 п.м.: 
$$N_{ЕД.н.м.} = \frac{N_{ЕД}}{l_{зах}}, \text{ ШТ}$$

$$N_{ЕД.н.м.} = \frac{76}{1,2} = 63,33 \text{ ШТ}$$

шпурометрів на 1 п.м.: 
$$l_{ш.н.м.} = \frac{(N_{ер} \cdot l_{ер} + N_{від} \cdot l_{від} + N_{ок} \cdot l_{ок})}{l_{зах}}, \text{ м}$$

$$l_{ш.н.м.1сектор} = \frac{(6 \cdot 1,35 + 70 \cdot 1,2)}{1,0} = 92,1 \text{ м}$$

$$l_{ш.н.м.2-8сектора} = \frac{76 \cdot 1,2}{1,0} = 91,2 \text{ м}$$

кількість шпурометрів, що заповнені забієчним матеріалом:

$$L_{заб} = l_{заб}^{ок} \cdot N^{ок} + l_{заб}^{від} \cdot N^{від} + l_{заб}^{ер} \cdot N^{ер}, \text{ м}$$

$$L_{заб1сектор} = 0,6 \cdot 6 + 0,7 \cdot 70 = 52,6 \text{ м.}$$

$$L_{заб2-8сектор} = 0,7 \cdot 76 = 53,2 \text{ м.}$$

Маса забієчного матеріалу:

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

$$M = \frac{\pi \cdot d_{ш}^2 \cdot L_{наб} \cdot \rho_{наб}}{4}, \text{ кг}$$

де  $\rho_{наб}$  – щільність забієчного матеріалу;

$d_{ш}$  – діаметр шпуру, м.

$$M_{1сектор} = \frac{3,14 \cdot 0,042^2 \cdot 52,6 \cdot 2000}{4} = 145,67 \text{ кг}$$

$$M_{2-8сектор} = \frac{3,14 \cdot 0,042^2 \cdot 53,2 \cdot 2000}{4} = 147,34 \text{ кг}$$

Таблиця основних показників паспорту БПР, таблиці даних про шпури і шпурові заряди на проходку ствола наведена на листі 4 графічної частини проекту.

Загальна технологія виконання робіт.

Перелік процесів, які виконуються при проходженні ствола в межах кожного сектора, містить:

1. Буріння шпурів за допомогою навісного бурильного обладнання системи БУКС-1м, підвішеного на козловий кран.
2. Заряджання та монтаж електропідривної мережі – вручну.
3. Підривання і провітрювання.
4. Навантаження породи за допомогою екскаватора в бадді з видачею породи на поверхню.
5. Монтаж опалубки, бетонування кріплення ствола.

Після проходки ствола на всю глибину виконуються роботи з армування ствола.

## ***2.5. Проходка каналізаційного колектора.***

***2.5.1. Вибір і обтунтування виконання опорядження колекторного тунелю глибокого закладення.***

1. Загальні вимоги до конструкцій кріплення тунелів.

Відповідно до геологічних умов за варіантами траси тунелю міцністю порід  $f < 4$  і опором менше  $200 \text{ кг/м}^3$ , згідно СНіП 2.06009–84 для цих умов і напором в разі аварійного режиму від  $30 \text{ м}^3$  і більше опорядження слід виконувати монолітним залізобетонним або використовувати комбіноване опорядження із зовнішнім збірним залізобетонним кільцем і внутрішньої залізобетонної оболонкою.

Аналіз літератури з пошкоджень багатошарових тунельних конструкцій колекторів, зокрема, каналізаційних, дає підставу дати список вимог до таких конструкцій.

Вимоги до зовнішнього опорядження:

1. За статистичною роботою:

- а) сприймати навантаження в монтажній стадії;
- б) повністю або частково сприймати навантаження від гірського тиску;
- в) мати задану жорсткість при певних вимогах до деформацій.

2. За гідроізоляційними властивостями

а) володіти в необхідній мірі гідроізоляційними властивостями проти інфільтрації і проникнення дрібних фракцій ґрунту при порушенні властивості матеріалу заповнення простору за кріпленням;

б) те ж саме щодо ексфільтрації при порушенні функцій внутрішніх шарів щоб уникнути можливості утворення пустот в ґрунті і руйнування тунелю;

в) мати достатню корозійну стійкість.

Вимоги до внутрішнього облицювання:

3. За статистичною роботою:

а) не допускати виникнення тріщин при напірному аварійному режимі;

б) частково сприймати гірничий тиск, тиск ґрунтових вод і тиск стічних вод в аварійному напірному режимі;

в) корозійна стійкість.

г) ремонтпридатність.

Виникає завдання створення конструкції, що задовольняє оптимальному набору перерахованих вимог з точки зору замовника, тобто по заданій

довговічності в 100 років підібрати параметри опорядження, які мінімізують трудомісткість, вартість або те й інше окремо.

2. Вибір конструкції, матеріалу і оцінка довговічності опоряджень каналізаційних колекторів.

*Конструкції опоряджень.*

Види опорядження, що використовується при будівництві колекторів та тунелів у всьому світі можна класифікувати наступним чином.:

1. Конструктивне виконання опорядження в цілому:

1.1 Збірні.

1.2 Монолітні.

1.3 Збірно-монолітні.

2. Конструктивне виконання елементів опорядження:

2.1 Форма.

1.1.1 Прямокутна.

1.1.2 Фігурна.

2.2 Переріз.

2.2.1 Суцільний.

2.2.2 Ребристий.

3. Конструктивне виконання стиків елементів опорядження.

3.1 Тип з'єднувального елемента.

3.1.1 Болтове.

3.1.2 На шпильках.

3.1.3 З арматурними випусками.

3.1.4 З виступами.

3.1.5 Клеєні та зварні.

3.2 Характер роботи.

3.2.1 Шарнірні.

3.2.2. Жорсткі.

### 3.2.3 Податливі.

4. Конструктивне виконання пристосувань для розвантаження від гірського тиску.

4.1 Анкерні пристосування.

4.2 Штучне закріплення навколишнього масиву.

4.2.1 Механічне.

4.2.2 Хіміко-фізичне.

4.3 Обтиснення в породу.

Для вибору типу опорядження були розглянуті матеріали за різними типам і видами кріплення підземних споруд. Найбільша кількість публікацій відноситься до збірного опорядження та їх елементів, зокрема, що стосуються стикових з'єднань елементів. На жаль, в публікаціях немає аналізу впливу форми блоків на жорсткість кріплення. Також велика кількість публікацій стосуються обтиснутих в породу опоряджень.

При щитовій проходці в стійких ґрунтах без великого водотоку іноді використовуються опорядження, які обтискуються в породу і монтуються поза оболонки щита. Це може здійснюватися за допомогою одного замкового блоку, який коротше інших звичайних блоків. За допомогою більш-менш значного притискання такого замкового блоку кільце має притискатися до нерегулярного за формою контуру виробки. Обтиснення кільця можна також проводити за допомогою домкратів і бетонних клинів, що додаються.

Таким чином, виникає наскрізний закріпний простір, в який необхідно між масивом і кільцем встановити прокладки (або розпірки), щоб здійснити нагнітання розчину. Такі функції можуть виконати горбики на зовнішній поверхні блоків.

Вимоги, що пред'являються до таких опоряджень, суттєво відрізняються від вимог до герметичних зовнішніх блокових опоряджень, описаних далі:

- необхідно, щоб при монтажі опорядження могло достатньою мірою деформуватися для підгонки до контуру виробки;

- через відмінності в параметрах контуру за довжиною виробки в кільцевих стиках можуть мати місце незначні зміщення між кільцями;

- немає необхідності та й можливості здійснити зачеплення або згвинчення блоків;

- неможливо надати опорядженню необхідну жорсткість за допомогою щитових домкратів додаванням поздовжніх сил, які створюють т.зв. фрикційний замок; це було б вирішальною можливістю перешкоджати виникненню відмінних один від одного деформацій;

- для виконання заповнення закріпного простору необхідно використовувати піноматеріали або інші заходи для блокування хвостової частини щита від надходження розчину; перед нагнітанням за опорядження необхідно закладати пропуски в місцях з короткими замковими блоками; існує єдина можливість вести нагнітання - тільки через отвори в блоках, а не за допомогою встановленого в хвостовій частині розчинопроводу;

- немає можливості встановлювати ущільнюючі профілі в стиках між блоками;

- первинне тунельне опорядження не буде водонепроникним.

Через відмову будь-якого зачеплення або гвинтового скріплення кільцевих стиків і через шарніроподібні конструкції радіальних стиків можливі великі деформації, кути повороту і зрушення стиків. Притаманні таким опорядженням конструктивні принципи і способи виконання жодним чином не припустимі для водонепроникних блокових опоряджень, для яких необхідно мати можливість виключити ці деформації, кути повороту і зрушення в стиках для збереження працездатності ущільнень.

*У зв'язку зі сказаним використанням обтиснених в породу зовнішніх опоряджень для забезпечення герметизації несучої конструкції неприпустимо.*

Далі наведені конструкції деяких водонепроникних одношарових опоряджень, рішення вузлів яких можуть бути корисними при проектуванні зовнішнього шару каналізаційних тунелів. О. Семеновим, наприклад, описана конструкція опорядження, запроектована Метрогіпротранс за пропозицією фірми «Вайсс унд Фрайтаг» і виготовлена з високоточних блоків. Сполучення кілець між собою призначено в паз і шип, скріплення – шпильками по кільцевому стику в



кількості 16 шт з рівними інтервалами. У кожному блоці по кільцевому борту – по дві шпильки, в замковому без них. Кільце складено з 9 блоків чотирьох типів. Опорядження збирається з перев'язкою поздовжніх стиків в половину блоку. Обпирання між елементами в кільці здійснюється через опорні майданчики середньої зони шириною 12 см. У середині цього майданчика по нейтральній осі стику розміщений центр похилих гвинтових скріплень (шурупів), які по прийнятій розрахунковій схемі не сприймають розтягувальних зусиль стику. Для такого опорядження характерна підвищена водонепроникність крізь тіло блоку і через стики для ґрунтових вод з напором 0,3 МПа. Це досягається властивостями бетону високого класу з маркою водонепроникності W10 і особливою технологією виготовлення, з одного боку, а також обтисненням гумобітумних ущільнювачів, що зміцнюються в пазах глибиною 9 і шириною 33 мм, – з іншого. Ущільнювальні прокладки у вигляді пружних рамок натягуються і укладаються на спеціальному клеї в пази кожного блоку перед його опусканням в шахту. У стиках відсутні карбувальні канавки і виключено заповнення зазорів.

Обтиснення ущільнювачів досягається дією гвинтових скріплень, клиновидного замкового блоку, щитових домкратів і тиском розчину, що нагнітається за опорядження.

Подібні оброблення описані багатьма авторами в статтях в журналі *Tunnels et Ouvrage Souterrains*. Вони розрізняються формою стику, наявністю або відсутністю плоских і напівциліндричних прорізів і виступів на поздовжніх і кільцевих стиках, місцем, характером розташування і видом з'єднання блоків між собою.

У статті П.Юркевича проаналізовані тенденції розвитку водонепроникних одношарових опоряджень і надано пропозиції щодо конструкції з найменшою товщиною блоків (0,2 м) і меншим числом типорозмірів: з використанням одного типорозміру сегмента нормального кільця і чотирима типорозмірами універсального кутового. Таке опорядження характеризується наступним чином:

- суцільні сегменти;
- плоскі (без шпунтових з'єднань «гребінь-паз») торцеві поверхні кільця;
- ущільнення стиків за допомогою неопренових прокладок;

- перев'язка суміжних кілець на  $\frac{1}{2}$  довжини дуги сегментів;
- парне число сегментів в кільці (8 штук);
- без зв'язку розтягування між сегментами в кільці (для трапецієподібних блоків) і зв'язками розтягування між кільцями за принципом двостороннього гарпуна системи «CONEX».

Поздовжні стики мають напівциліндричні пази і гребені, причому довжина паза більше довжини гребеня на розрахункову величину.

Наведений розгляд дозволяє зупинити вибір на водонепроникних залізобетонних опорядженнях високоточного виготовлення з ущільнювачами з кількістю блоків більш 8. Трапецієподібні блоки в якості несучої конструкції комбінованого опорядження каналізаційного колектора мають перевагу перед блоками прямокутної форми, але їх не можна застосовувати в обтиснутих в породу опорядженнях.

#### *Конструкції стиків.*

Стики між блоками повинні передавати нормальні і поперечні зусилля, а також повинні служити ущільненням проти ґрунтових вод. Конструкція стиків робить істотний вплив на жорсткість всієї системи. Перев'язка поздовжніх швів, зачеплення кільцевих стиків в схемі «паз-виступ» і відповідне виконання контактних зон, зокрема, болтовому або дюбельному з'єднаннях, може утворити статично працюючу пару і, тим самим, можна отримати відносно жорстку загальну систему.

Недоліком такого жорсткого кріплення є схильність до поламок; майданчики силового контакту в кільцевих стиках часто є причиною відколів бетону, які, переважно, на зовнішній стороні не можуть бути закладені. При зсуві в кільцевому стикі через це на зчепленні можуть мати місце не відколи бетону, а тріщини відриву на поздовжньому зчепленні, що працюють як дюбель. У деяких випадках тому рекомендується відмовлятися від наявності майданчиків силового контакту такого типу і передбачати профілювання кільцевих стиків тільки як засіб їх

центрування. Швидке і точне проведення монтажу блоків в будь-якому випадку сильно ускладнюється через відмову від схеми «виступ-паз». Для сприйняття виникають в кільцевих стиках поперечних сил в більшості випадків досить тертя на площинах контакту.

З точки зору монтажу, конструктивних і статистичних міркувань, в більшості випадків передбачаються конструктивні елементи для скріплення стиків. Останні встановлюються відповідно до форми стику в поздовжньому і кільцевому напрямках.

В одношарових конструкціях опорядження з ущільненням з гумових смуг, що одягаються на сегмент, необхідно застосування болтових з'єднань тубінгів щоб гарантувати якість ущільнення за допомогою достатнього здавлювання гумового профілю. Для цього завжди необхідно проводити гвинтове скріплення кільця вже при монтажі його в хвостовій частині щита.

В іншому випадку виникає небезпека того, що профіль ущільнення не буде виконувати свої функції при заповненні розчином закріпного простору. Розмір і кількість необхідних гнізд на внутрішній поверхні блоків мінімальна. У цьому випадку крім скріплення радіальних стиків полегшується монтаж кільця без виникнення зрушень в стиках.

Статистична завантаженість сполучних елементів сильно залежить від конструктивної форми і положення стику в кільці. Як навантаження в розрахунок приймаються суттєві за величиною зусилля розтягнення (наприклад, через наявність передачі моменту, що вигинає і повертає зусилля від стисненого ущільнення).

В кінцевому стані через радіальні стики повинні передаватися зусилля стиснення внаслідок дії гірського тиску і тиску води. Щоб виключити відкол кромки бетону, особливо, поруч з ущільнюючим профілем, область контакту передачі тиску в середині поперечного перерізу блоків обмежують. Це робиться для плоских і двоопуклих стиків. З результатів роботи Т. Ваумана впливає область застосування обох типів стиків. У разі дуже великих значень зусиль стиснення і кутів повороту рекомендується конструкція з двоопуклим стиком. Тим

самим, виключається небезпека відколу бетону в області знаходження ущільнюючого профілю. При малих кутах повороту, навпаки, рекомендується конструкція з плоским стиком, де через зони стиснення більшої величини зустрічається менше тріщин розриву. При зусиллях стиснення, менших 2 МН/м плоскі стики без побоювання можна використовувати аж до кутів 5%. Для таких же кутів, але для зусиль стиснення до 5 МН/м можна використовувати опукло-увігнуті стики.

#### *Ущільнення.*

Ущільнення служать для зменшення проникнення води в тунель або навпаки – відводу води з нього назовні (напр., в водопропускних і каналізаційних тунелях). При цьому необхідно враховувати агресивність вод, так як бетон і сталь схильні до впливу агресивних складових.

Ущільнююча дія повинна надійно зберігатися при відносних переміщеннях елементів конструкції. Матеріал ущільнення може піддаватися навантаженню від тиску води і переміщень конструктивних елементів (осідання і деформації) у вигляді стиснення, розтягування, вигину або зсуву і їх комбінацій. У залізобетонних елементах заводського виготовлення можна практично знехтувати усадкою, розбуханням і повзучістю бетону, так як вже при монтажі ці елементи мають відомий вік і все, що оточує тунельну конструкцію, можна класифікувати як таке, що у «вологодому» стані.

Тип ущільнення і його периметр поряд з місцевими гідроумовами істотно залежить від вимог до герметичності. Ущільнення, наприклад, одношарових тунельних конструкцій із залізобетонних елементів заводського виготовлення у міру їх використання постійно удосконалюються.

У минулому, застосовувалися жорсткі і негнучкі ущільнення стиків на цементній основі (цемент, що розширюється з частковою добавкою азбестових волокон), що мають той недолік, що їх деформація призводить до отслаиваним і тріщин в області стику. Не можна було добитися надійного ущільнення. Звичайним

вимогам стиків в результатах великих досліджень STUVA, можуть відповідати тільки гнучкі, тобто в більшості випадків пружні матеріали на штучній основі.

В даний час на практиці для ущільнення проти дії напірних вод в більшості випадків застосовуються смуги з еластомеру, що укладаються або в паз в області стику або рідше в паз у нижній кромці елемента.

Розміщення ущільнення в стику також сильно впливає на товщину тюбінгу; з конструктивних міркувань найчастіше вона виходить як мінімум 30 см. При створенні Т-образного стикового з'єднання з перев'язкою поздовжніх швів зіткнулися з труднощами. Задовільне вирішення цієї проблеми досягається застосуванням вулканізованих кутів з клиноподібним виступом.

В основі ущільнення лежить наявність зминання профільованих смуг, що приклеюються в стику. Зминання відбувається при монтажі зусиллями від діаметрів щита і, частково, в разі потреби – від скріплення загвинчуванням болтів або установкою скоб. В експлуатаційній стадії в кільцевому напрямку діють зовнішні сили, по осі тунелю залишається від зусиль попереднього стиснення внаслідок постійної підтримки розпору між кільцем і ґрунтом (при нагнітанні розчину за оброблення).

Загвинчування болтових з'єднань тюбінгів з метою ущільнення необхідно проводити, щонайменше, відповідно до сили реакції ущільнення.

В основі іншого способу ущільнення лежить застосування гуми, що набухає, в якій при доступі води відбувається багаторазове збільшення обсягу і, тим самим, створюється тиск на сегменти для забезпечення роботи ущільнення. Гуму можна розглядати як надійний ущільнювач тільки тоді, коли вона піддається постійному впливу води. В даний час ще не можна судити остаточно про стійкість до старіння. Така система застосовується для ущільнення зовнішнього опорядження глибоководного дюкера Dradenau в Гамбурзі.

У одношаровому збірному залізобетонному опорядженні на внутрішній стороні передбачена можливість для додаткового ущільнення. Як правило, для цього влаштовується паз типу «ластівчин хвіст» з мінімальними розмірами по ширині 10 мм і по глибині 50 мм. Як матеріал для ущільнення, наприклад, в

Німеччині здебільшого знайшов застосування розчин на епоксидній основі. Можливе застосування ін'єкції ущільнення в рукав з синтетичного матеріалу з притисканням прокладок і без них.

3. Аналіз конструкцій з'єднань між елементами кільця збірною залізобетонного опорядження.

Ефективність роботи збірних залізобетонних опоряджень і максимальне використання їх несучої здатності багато в чому визначається якістю стиків з'єднань між ними. Експериментальні дослідження показали, що сумарна величина лінійних деформацій стиків порівнянна з деформацією бетону безпосередньо в елементах кріплення, а в деяких випадках і перевищує їх. Крім того, конструкція стику істотно впливає на характер статичної роботи кільця кріплення: чим податливість стику більше, тим більше площа контакту і тим більш рівномірно розподілені внутрішні зусилля і згинальні моменти. Все вищесказане змушує звернутися до спеціального дослідження питання про роботу стикових з'єднань в збірному залізобетонному опорядженні, з тим, щоб виявити найбільш раціональну їх конструкцію. У цьому розділі наводяться результати теоретичних і експериментальних досліджень цього питання.

Розглянемо найбільш характерні конструкції збірних залізобетонних опоряджень. Аналіз наведених конструкцій дозволяє зробити висновок, що більшість з них може бути зведена до трьох основних типів: плоского, опуклого, двоопуклого.

#### *Пласке стикове з'єднання.*

При плоскому стиковому з'єднанні блоки, переважно, примикають один до одного не по всій площині торців, а внутрішньою або зовнішньою гранню. Нормальна сила при цьому передається позацентрово через площадку зминання, що утворюється з краю блоку.

Результатом цього є збільшення згинальних моментів, сколювання граней і, як наслідок, розвал кільця опорядження. Основна причина, що викликає появу всіх

перерахованих вище шкідливих явищ, полягає в неминучих неточностях при виготовленні і монтажі опоряджень.

Є цілий ряд пропозицій щодо вдосконалення конструкцій плоского стику і ліквідації зазначеного явища, наприклад, додаткова обробка торців блоків, складання кілець на жорстких кондукторів, пристрій штроб з подальшим розкарбуванням, введення вкладишів з гуми та інших матеріалів і т.д. Однак всі перераховані вище заходи не призводять до суттєвого ефекту з точки зору статичної роботи кільця опорядження і в той же час зумовлюють невиправдане збільшення трудових витрат при її монтажі. За деякими даними, найбільш дієвим заходом щодо підвищення працездатності стикових з'єднань є армування їх торців.

Для оцінки несучої здатності плоских стиків і визначення їх деформацій скористаємося залежностями, отриманими в результаті розрахунку бетонних і залізобетонних конструкцій при малих ексцентриситетах.

$$N \leq 2mRbt_c \left( \frac{1}{2} - \frac{l_0}{t_c} \right) \cdot \varphi$$

$$\sigma_{cm} = \kappa \frac{N}{bt_c}$$

де  $N$  – нормальна сила, що передається через стик;

$\sigma_{cm}$  – повна деформація стику за віссю елемента, дорівнює сумі деформацій торців обох блоків;

$m$  – коеф умов роботи стику. При виготовленні блоків в металевих формах без негайної розпалубки  $m=1$ ;

$R$  – розрахунковий опір бетону при осьовому стисненні;

$B$  – ширина блоків в площині стикового з'єднання;

$t_{kc}$  – висота перерізу блоків (товщина) в площині стику;

$l_0$  – ексцентриситет нормальної сили відносно осі блоків;

$\varphi$  – коеф, що залежить від армування торців блоків:

$\varphi = 0,5 + 0,6 \frac{l_0}{t_c}$  - при неармованих торцях блоків;

$$\varphi = 0,8 + 0,3 \frac{l_0}{t_c} \text{ - при армованих торцях;}$$

$\kappa$  – коеф., що залежить від ексцентриситету нормальної сили:

$$\kappa = 0,006 \text{ при } 0 \leq l_0 \leq 0,22 t_c ;$$

$$\kappa = 0 \text{ при } 0,22 t_c < l_0 < 0,27 t_c ;$$

$$\kappa = -0,01 \text{ при } 0,27 t_c \leq l_0 < 0,5 t_c ;$$

Однією з модифікацій плоского стикового з'єднання і є з'єднання типу «виступ-паз». Цей тип стикового з'єднання застосовується як між окремими елементами в кільці опорядження, так і між суміжними кільцями. В останньому випадку введення в конструкцію захисної конструкції зв'язків типу «виступ-паз» знаходиться в протиріччі із застосуванням поздовжніх стикових з'єднань циліндричної форми, так як обмежує або повністю виключає їх податливість. Це позбавляє кріплення тих переваг, які притаманні шарнірним конструкціям.

Здійснення даного стикового з'єднання пов'язано також з додатковими труднощами при виготовленні блоків, а неточності при виготовленні призводять до складнощів при монтажі опорядження. В результаті розбіжності виступу з пазом в суміжних елементах при монтажі опорядження відбуваються поломки блоків. З точки зору статистичної роботи таке з'єднання є ще менш вдалим. Неминучість точкових контактів у фігурних з'єднаннях призводить до виникнення сколюючих зусиль і поява декількох центрів концентрації контактних напружень. Крім того, конструктивна особливість даного з'єднання не дозволяє зменшити ексцентриситет дії нормальних сил. В силу перерахованих недоліків розглянута конструкція не є перспективною і дослідження її статичної роботи недоцільно

*Опукло-увігнуте з'єднання.*

Це з'єднання відрізняється конструктивною простотою і надійною фіксацією елементів, забезпечує центрування нормальних сил, що особливо важливо при перерозподілі зовнішніх навантажень на тунельне кріплення. Доки не закриється зазор, що утворюється на стику за рахунок різниці радіусів заокруглення опуклої й увігнутої поверхонь блоків, стикове з'єднання працює як шарнір. Після того як



зазор закритється, стикове з'єднання починає сприймати згинальні моменти, тобто працювати на відцентрове стиснення.

В основі теоретичних досліджень напружено-деформованого стану опукло-увігнутих циліндричних стиків лежить рішення задачі теорії пружності, відомої як «завдання Герца». Під дією стискаючої сили  $N$ , на контакті двох циліндрів, що мають радіуси  $R_1$  і  $R_2$  різної кривизни, утворюється майданчик зім'яття, ширина якого залежить від величини сили  $N$ , співвідношення радіусів  $R_1$  і  $R_2$  і деформаційних характеристик матеріалу кріплення. Напруження в стику внаслідок малості параметру  $\alpha$  може вважатися рівномірно розподіленою по ширині контакту. Опускаючи проміжні висновки, запишемо вираження для нормального напруження  $\sigma$  в стиковому з'єднанні, розмірів майданчика зминання і повної деформації стикового з'єднання, що дорівнює сумі деформацій торців сполучених елементів.

$$\alpha = \sqrt{\frac{32N(1-\mu)^2 R_1 R_2}{\pi E b \Delta R}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\pi E N \Delta R}{32 b R_1 R_2 (1-\mu)^2}}$$

$$\delta_{ст} = \frac{2(1-\mu^2)N}{\mu E b} \left\{ l^n \frac{\pi E \Delta R t_c^2 B}{8 N R_1 R_2 (1-\mu^2)} \right\}$$

де  $\Delta R = R_1 - R_2$  - радіуси кривизни увігнутого і опуклого торців блоків, причому  $R_1 > R_2$  ;

$E$  – модуль пружності матеріалу опорядження;

$\mu$  - коеф. Пуасону матеріалу опорядження.

*Двоопукле стикове з'єднання.*

Двоопукле стикове з'єднання відрізняється конструктивною простотою і достатньою шарнірністю вузлів, що особливо важливо для попередньо напружених конструкцій (опорядження, обтиснуті в породу).

Для визначення пружно-деформованого стану подібного стикового з'єднання використовується рішення попередньої задачі з урахуванням рівнозначності кривизни дотичних поверхонь. Таким чином, одержуємо наступні вирази:

$$\alpha = \sqrt{\frac{16N(1-\mu^2)R}{\pi EB}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\pi EN}{16bR(1-\mu^2)}}$$

$$\sigma_{cm} = \frac{2(1-\mu^2)N}{\pi Eb} \left\{ \ln \frac{\pi E t_c^2 b}{4NR(1-\mu^2)} - \frac{1}{1-\mu} \right\}$$

де  $R$  – радіус кривизни торців елементів опорядження.

Для дослідження статичної роботи конструкцій стикових з'єднань за допомогою методу числового аналізу розглянемо спочатку вплив на пружно-деформований стан циліндричних стикових з'єднань механічних характеристик бетону. У існуючих марок бетону, що використовуються для виготовлення збірних опоряджень, коефіцієнт Пуассона змінюється в діапазоні від 0,16 до 0,22. Така варіація коефіцієнта Пуассона призводить до зміни величин напружень в стикових з'єднаннях на 2% і деформацій на 5%. Беручи до уваги, що такі зміни не виходять за межі точності існуючих методів визначення механічних характеристик матеріалів, можна без шкоди для остаточних висновків прийняти коефіцієнт Пуассона постійним і рівним 0,2.

З урахуванням цього вираз перетворюються до наступного вигляду:

- опукло-увігнуте з'єднання:

$$\sigma = 0,32 \sqrt{\frac{NE\Delta R}{BR_1R_2}}$$

$$\delta_{cm} = \frac{0,611N}{EB} \ln \frac{0,117E\Delta R t_c^2 b}{NR_1R_2}$$

- двоопукле стикове з'єднання:

$$\sigma = 0,452 \sqrt{\frac{EN}{RB}}$$

$$\delta_{cm} = 0,611 \frac{N}{EB} \ln \frac{0,234Et_c^2 b}{NR}$$

Більш істотний вплив на рівень пружно-деформованого стану в стику надає модуль пружності бетону.

Крім механічних характеристик матеріалу кріплення на пружно-деформований стан стикових з'єднань впливають конструктивні параметри елементів: товщина блоків в площині стику  $t_c$  і різниця радіусів кривизни елементів (для опукло-увігнутого стикового з'єднання).

Так, за інших рівних умов зміна товщини блоків від 30 до 20 см призводить до збільшення контактних напруг на 25% для двоопуклого стикового з'єднання і на 50-55% в опукло-увігнутому.

Найбільш сильний вплив на рівень контактних напружень в опукло-увігнутому стиковому з'єднанні надає величина  $\Delta R$ . В діапазоні її змін від 2 до 5 см напруги зростають удвічі.

Характерно, що вплив перерахованих факторів пов'язаний з розмірами майданчика зминання, що утворюється в результаті деформування. Чим нижче клас бетону (а, отже, і величина  $E$ ), менше різниця і більша товщина блоку в площині стику  $t_c$ , тим при одній і тій же нормальній силі розміри майданчика зминання будуть більше, а діючі на ній напруження менші.

Зіставляючи два типи розглянутих стикових з'єднань, можна бачити, що при інших рівних умовах контактне напруження в двоопуклому з'єднанні в 2,4-4,2 рази більше (в залежності від різниці радіусів), ніж в опукло-увігнутому.

Вищевикладене свідчить про те, що опукло-увігнуте з'єднання крім того, що забезпечує більш низький рівень контактної напруги, є більш регульованою конструкцією; тобто його пружно-деформованим станом можна керувати шляхом зміни конструктивних розмірів елементів опорядження.

Разом з тим, працездатність двоопуклих стикових з'єднань може бути значно підвищена шляхом введення піддатливих прокладок змінної товщини. Аналізуючи механізм роботи двоопуклого стикового з'єднання з податливими прокладками змінної товщини можна бачити, що в цьому випадку в площині з'єднань

утворюється деякий умовний майданчик з шириною, рівною товщині стикового з'єднання, яка забезпечує рівномірний розподіл напружень за його перетином.

Результати експериментальних досліджень показують, що застосування піддатливих прокладок змінної товщини дозволить збільшити вантажопідйомність стикового з'єднання за умовою утворення тріщин в 1,5 рази.

Ґрунтуючись на виконанні в цьому параграфі дослідження можна сформулювати такі основні вимоги до проектування збірного опорядження в частині раціональної конструкції стикових з'єднань.

Конструкція стикового з'єднання повинна забезпечувати найкраще використання вантажопідйомну здатність матеріалу опорядження. З огляду на те, що задоволення цієї вимоги в основному пов'язано із забезпеченням максимально можливої площі контакту блоків, які стикуються, для його реалізації можна рекомендувати наступні заходи:

1. Застосування опукло-увігнутих і двоопуклих стикових з'єднань з прокладками змінної товщини.
2. Підвищення вимог до технології виготовлення елементів обробки.
3. Забезпечення заходів щодо збереження стикових з'єднань аж до збору кріплення.

### ***2.5.2. Проектування опорядження колекторного тунелю глибокого закладення.***

Зробимо розрахунок прийнятої конструкції оброблення колекторного тунелю на навантаження від гірського тиску. З цією метою визначаємо навантаження, діючі на конструкцію, для найбільш гіршого варіанту ґрунтових умов траси тунелю, використовуючи вказівки СНіП II-40-80 Метрополітени. Ґрунти, що вміщують тунель, представлені вапняками і мергелями. Відповідно до п. 5.3.1 та табл. 9 для тунелю діаметром 5,5 м нормативне вертикальне навантаження від гірського тиску  $q_r^H=130$  кН/м<sup>3</sup> при коеф. надійності за навантаженням  $\gamma_f=1,5$ .

Для тунелю діаметром 5,65 м  $q_r^H$  дорівнюватиме:

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

$$q_{\Gamma}^H(\phi 5,65) = q^H(\phi 5,5) \cdot \frac{5,65}{5,5} = 134 \text{ кН/м}^2$$

Розрахункове вертикальне навантаження від гірського тиску дорівнюватиме:

$$q_{\Gamma}^{\Gamma} = \gamma_f \cdot q_{\Gamma}^H = 1,5 \cdot 134 = 201 \text{ кН/м}^2$$

Нормативне навантаження від власної ваги верхнього півкільця опорядження при його товщині  $t=0,25$  м і діаметрі осьової лінії  $D_0=5,4$  м складе:

$$q_{\text{св}}^H = \gamma_{\text{св}}^H \cdot \frac{\pi \cdot D_0}{2} \cdot t = 25 \cdot \frac{3,14 \cdot 5,4}{2} \cdot 0,25 = 53 \text{ кН/м}^2$$

де  $\gamma_{\text{св}}^H=25$  кН/м<sup>3</sup> – нормативне значення питомої ваги залізобетону, а розрахункове при  $\gamma_f=1,1$ ,

$$q_{\text{св}} = \gamma_f \cdot q_{\text{св}}^H = 1,1 \cdot 53 = 58,3 \text{ кН/м}^2$$

З огляду на те, що траса тунелю перетинає напірні водоносні горизонти з гідростатичним тиском 0,1 МПа, то розрахункове вертикальне навантаження при  $\gamma_t = 1,1$  за табл. 11 складе:

$$q_B = q_B^H \cdot \gamma_f = 100 \cdot 1,1 = 110 \text{ кН/м}^2$$

Сумарне вертикальне навантаження на опорядження дорівнюватиме:

$$q = q_{\Gamma} + q_{\text{св}} + q_B = 201 + 58,3 + 110 = 370 \text{ кН/м}^2 \quad ($$

Нормативне горизонтальне навантаження на підставі п. 5.35 складе:

$$p_{\Gamma}^{\Gamma} = q_{\Gamma}^H \cdot \text{tg}^2 \left( 45^{\circ} - \frac{\varphi^H}{2} \right) = 134 \cdot \text{tg}^2 \left( 45^{\circ} - \frac{25^{\circ}}{2} \right) = 54,4 \text{ кН/м}^2$$

а розрахункове при  $\gamma_f=0,7$  по табл. 11:

$$p^H = \gamma_f \cdot p_{\Gamma}^{\Gamma} = 0,7 \cdot 54,4 \approx 38,1 \text{ кН/м}^2$$

Розрахункове горизонтальне навантаження від гідростатичного тиску води при  $\gamma_2=0,9$  за табл. 11 складе:

$$P_B = \gamma_f \cdot q_B^H = 0,9 \cdot 100 = 90 \text{ кН/м}^2$$

а сумарне розрахункове горизонтальне навантаження буде дорівнювати:

$$P = P_T + P_B = 38 + 90 = 128 \text{ кН/м}^2$$

Статичний розрахунок опорядження на зовнішні навантаження зробимо як для системи криволінійних брусів на пружній основі. Розрахунок проводимо з урахуванням дотичних напружень, що виникають на контакті системи «опорядження – породний масив» при деформації конструкції від навантажень гірського тиску. Коефіцієнт тертя бетону по глинах приймаємо рівним 0,42.

Конструкція високоточних блоків оброблення для щитового комплексу передбачає розташування замкового клиновидного елемента в будь-якому місці відносно вертикальної осі за перерізом тунелю. Тому розглянемо дві розрахункові схеми:

- 1) клиновидний замковий елемент розташований в районі вертикальної осі.
- 2) вертикальна вісь симетрії перетинає блок щелиги і лотковий блок.

1. Статичний розрахунок кільцевих обробок тунелів проводиться як система криволінійних брусів на пружній основі методами будівельної механіки або теорії пружності з урахуванням особливостей і властивостей оточуючих конструкцію порід.

2. Фізико-механічні властивості порід при їх неоднорідності по периметру опорядження повинні характеризуватися відповідними значеннями модуля деформації  $E_{ni}$ , коеф. тертя  $f_{\text{мрі}}$  матеріалу конструкції по породі в межах кожного  $i$ -ого блока опорядження, коеф. Пуассона  $M_{ni}$ , коеф. пружного опору породи  $K_{ni}$ .

Для кругових конструкцій коеф.  $K_{ni}$  визначається з виразу:

$$K_{ni} = \frac{E_{ni}}{r_n(1 - \mu_{ni})}$$

$R$  – зовнішній радіус опорядження;

$E_i, \mu_i$  - модуль деформації і коеф. Пуассона в межах  $i$ -го блоку.

3. При симетричному завантаженні опорядження розрахунку підлягає півкільце кріплення. Розподіл радіальних тисків в межах  $i$ -ого блоку на контакті системи «опорядження-породний масив», беручи до уваги гіпотезу Вінклера і

недеформованість матеріалу конструкції, визначається з умови спільності деформацій:

$$\sigma_i(\varphi^*) = \frac{\sigma_i \sin \varphi^* + \sigma_{i-1} \sin(\varphi_i - \varphi^*)}{\sin \varphi_i}$$

$\varphi_i$  – центральний кут охоплення I-го блоку опорядження;

$\varphi^*$  - кутова поточна координата, початок відліку якої співпадає з I-I стиковим з'єднанням I-ого блоку;

$\sigma_{i-1}$  і  $\sigma_i$  – радіальні контактні напруження в I-I і I-тому стикових з'єднаннях.

4. Співвідношення між тангенціальним напруженням, що виникає в результаті зміщення зовнішнього контуру опорядження по породі, і радіальним контактним напруженням визначаються за співвідношенням:

$$\tau_i(\Psi^*) = f_{mpi} \sigma(\Psi^*)$$

де значення коеф. тертя в межах I-го блоку приймається за таблицею.

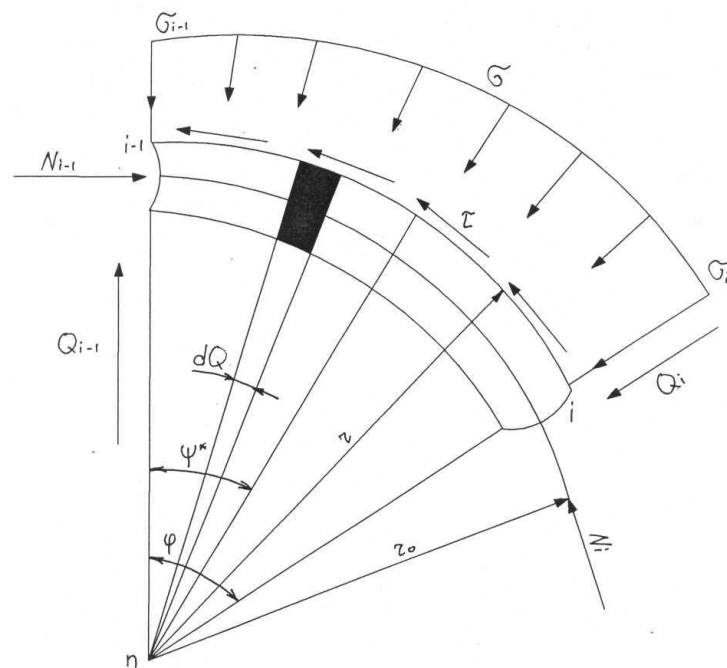


Рис.1. Розрахункова схема дії зусиль на I-й блок опорядження.

5. Внутрішні зусилля в стикових з'єднання збірних опоряджень тунелів (нормальні і поперечні сили, контактні напруження) визначаються рішенням

системи рівнянь, яка формується з трьох рівнянь рівноваги для кожного цілого блоку півкільця, граничної умови додатка зовнішнього навантаження і двох додаткових рівнянь, які враховують розташування стикових з'єднань щодо вертикальної симетрії (типу монтажної схеми конструкції).

6. Рівняння рівноваги для кожного цілого блоку півкільця опорядження незалежно від монтажної схеми визначаються виразами:

$$Q_{i-1} \cos \Psi_i - Q_i - N_{i-1} \sin \Psi_i - rA_i \sigma_{i-1} - rB_i \sigma_i = 0$$

$$N_{i-1} \cos \Psi_i - N_i - Q_{i-1} \sin \Psi_i - rC_i \sigma_{i-1} - rD_i \sigma_i = 0$$

$$N_{i-1} - N_i - m^* rE_i \sigma_{i-1} - m^* rE_i \sigma_i = 0$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots, j$ ;

$j$  – порядковий номер лоткового блоку півкільця опорядження;  $m^* = r/r_0$ ;

$$A_i = \frac{1}{2} \left[ \sin \Psi_i + f_{mpi} \left( \frac{\Psi_i}{\sin \Psi_i} - \cos \Psi_i \right) \right]$$

$$B_i = \frac{1}{2} [\Psi_i + f_{mpi} (1 + \Psi_i \operatorname{ctg} \Psi_i)]$$

$$C_i = \frac{1}{2} \left[ \cos \Psi_i - \frac{\Psi_i}{\sin \Psi_i} + f_{mpi} \sin \Psi_i \right]$$

$$D_i = \frac{1}{2} [\Psi_i \operatorname{ctg} \Psi_i - 1 + f_{mpi} \Psi_i]$$

$$E_i = f_{mpi} \operatorname{tg} \frac{\Psi_i}{2}$$

7. Гранична умова, що виражає прикладання зовнішнього навантаження від гірського тиску, на підставі рівняння рівноваги для  $k$ -го блоку, що перетинає горизонтальний діаметр, має такий вигляд:

$$N_{k-1} \cos \Psi_u - Q_{k-1} \sin \Psi_2 + r \sigma_{k-1} (a_2^* + b^* \operatorname{ctg} \Psi_k) \frac{rb_k}{\sin \Psi_k} b_2^* - qr = 0$$

де  $\Psi_k$  – кут охоплення  $k$ -ого блоку, який пересікає горизонтальний діаметр;

$\Psi_2$  – кут охоплення частини  $k$ -го блоку від його  $k-1$  стикового з'єднання до горизонтального діаметру;



$a_2^*$  и  $b_2^*$  - коефіцієнти, які визначаються за виразами методики при  $\Psi^* = \Psi^r$ .

8. Рівняння, що враховують монтажну схему конструкції, записуються на підставі рівності нулю поперечних сил в перерізах опорядження, які перетинають вертикальну вісь симетрії:

- для першого типу монтажної схеми, коли по вертикальній осі симетрії в щелизі і лотку розташовані стикові з'єднання:

$$Q_0 = Q_i = Q_j = 0$$

- для другого типу монтажної схеми (рис. 2, б), коли за вертикальної вісі симетрії в щелизі розташоване стикове з'єднання, а в лотку суцільний блок:

$$Q_0 = Q_i = Q_j = N_i \operatorname{tg} \frac{\Psi_l}{2} \sigma_j r F_l = 0$$
$$F_l = \frac{\Psi_l / 2 + \sin \Psi_l / 2 (\cos \Psi_l / 2 + f_{mpl} \sin \Psi_l / 2)}{2 \cos^2 \Psi_l / 2}$$

- для третього типу монтажної схеми, коли по вертикальній осі симетрії в щелизі розташований суцільний блок, а в лотку стикове з'єднання:

$$Q_i = 0, Q_0 = N_0 \operatorname{tg} \frac{\Psi_u}{2} - \sigma_0 r F_u = 0$$
$$F_u = \frac{\Psi_u / 2 + \sin \Psi_u / 2 / \cos \Psi_u / 2 + f_{mp} \sin \Psi_u / 2}{2 \cos^2 \Psi_u / 2}$$

- для четвертого типу монтажної схеми, коли по вертикальній осі симетрії в щелизі розташовані суцільні блоки:

$$Q_0 + N_0 \operatorname{tg} \frac{\Psi_u}{2} - \sigma_0 r F_u = 0$$
$$Q_j + N_i \operatorname{tg} \frac{\Psi_l}{2} - \sigma_j r F_l = 0$$

де  $\Psi_u$  і  $\Psi_l$  – відповідно центральні кути охоплення блоків, розташованих в щелизі і в лотку;

$f_{mpu}$  і  $f_{mpl}$  – коефіцієнти тертя опорядження по породі в щелизі і в лотку відповідно.

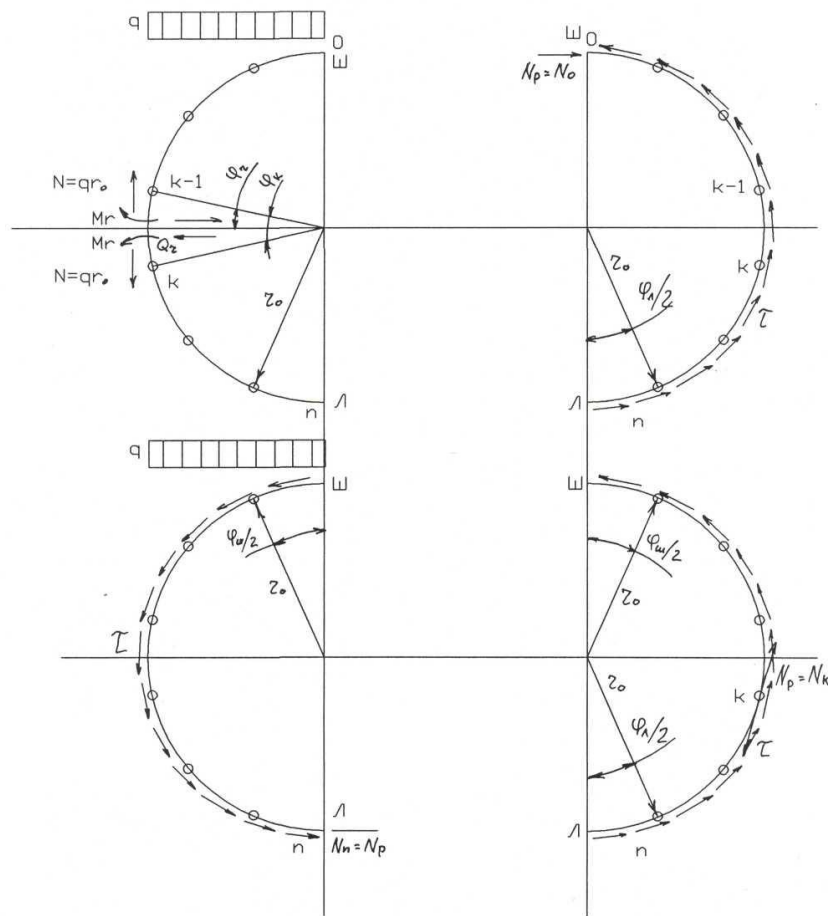


Рис. 2. Монтажні схеми збірних кільцевих опоряджень

9. Внутрішні зусилля в перерізах  $i$ -ого блоку (поперечна  $Q_{\Psi}^*$ , нормальна  $N_{\Psi}^*$  сила і згинальний момент  $M_{\Psi}^*$ ) при відомих значеннях зусиль рівноваги за наступними виразами:

$$Q_{\Psi}^* = N_{i-1} \sin \Psi^* + Q_{i-1} \cos \Psi^* - r\sigma_{i-1} (c_i^* - d_i \operatorname{ctg} \Psi_i) - \frac{r\sigma_i}{\sin \Psi_i} d_i^*$$

$$N_{\Psi}^* = N_{i-1} \cos \Psi^* - Q_{i-1} \sin \Psi^* + r\sigma_{i-1} (a_i^* + b_i^* \operatorname{ctg} \Psi_i) - \frac{r\sigma_i}{\sin \Psi_i} b_i^*$$

10. Внутрішні зусилля в верхньому і лотковому блоках, коли стикове з'єднання не розташоване на вертикальній осі симетрії визначаються із заміною  $\Psi_i^*, \sigma_{i-1}, \sigma_i, Q_{i-1}, N_{i-1}$  на:

- для шелиги  $\Psi_u, \sigma_0, Q_0, N_0$  з інтервалом зміни поточної координати  $\Psi_* = \Psi_u / 2 \div 0^0$ ;

- для лоткового блоку  $\Psi_k, \sigma_i, \sigma_j, Q_j, N_j$  з інтервалом зміни поточної координати  $\Psi^* = 0^0 \div \Psi_l / 2$ .

11. Збірні кільцеві опорядження тунелів, обтиснених в породу слід розраховувати в дві стадії: в експлуатаційної стадії на навантаження від гірського тиску і в стадії монтажу на зусилля розтиснення. За розрахункове необхідно приймати стан, що дає найбільш несприятливе поєднання зусиль в перерізах опорядження.

12. Визначення внутрішніх зусиль в збірних кільцевих опорядженнях, обтиснутих в породу, на навантаження від гірського тиску в експлуатаційному режимі проводиться відповідно до пунктів 3...10.

13. Визначення внутрішніх зусиль в збірних кільцевих опорядженнях, обтиснутих в породу, в стадії розтиснення проводиться в залежності від місця прикладання розп'ятого зусилля.

14. Внутрішні зусилля в стикових з'єднаннях опоряджень, обтиснутих в породу, визначаються з системи рівнянь, яка формується з трьох рівнянь рівноваги, двох рівнянь з (6-9) в залежності від монтажною схемою опорядження та граничної умови прикладання зусиль розтиснення, має вигляд:

- для розтисненні опорядження з шелиги:

$$N_0 = N_p$$

- при розтисненні опорядження з рівня горизонтального діаметру к-ого стикового з'єднання  $N_k = N_p$  зі зміною знака перед  $f_{\text{прі}}$  при розрахунку коефіцієнтів  $A_i - E_i$  і  $F_{\text{ш}}$  на протилежній для верхньої частини кільця при всіх  $i < k$  і без зміни знака для нижньої частини кільця;

- при розтисненні опорядження з лотку:

$$N_i = N_p$$

15. Внутрішні зусилля в перерізах I-го блоку для опорядження, обтиснутого в породу, визначаються з умов рівноваги. При цьому для опорядження, обтиснутих в породу з рівня горизонтального діаметра, при обчисленні коефіцієнтів  $a_i^* - f_i^*$  слід змінювати знак перед  $f_{pri}$  на протилежний для верхньої частини кільця при всіх  $i > k$ , а для опоряджень, обтиснутих з лотку – для всіх блоків.

16. Мінімальна товщина захисного шару в залізобетонному опорядженні при товщині до 300 мм повинна складати 20 мм при її експлуатації в неагресивному середовищі і 25 мм – в агресивному; при товщині конструкції до 500 мм – 25 і 30 мм відповідно.

### ***2.5.3. Технологія проходки колекторного тунелю.***

#### *Обґрунтування вибору способу проходки.*

Щитовий спосіб проведення виробок різних розмірів і призначень в останні 50 років отримав найбільший розвиток у світовій практиці при будівництві тунелів різного призначення. Головна перевага щитового способу порівняна з іншими (наприклад з гірським, буропідривним і комбайновим) полягає в можливості його використання при проходці тунельних виробок в широкому діапазоні ґрунтових умов, але в першу чергу в слабких, нестійких ґрунтах, де спосіб може бути єдино прийнятним.

Специфічність щитового способу визначається конструктивними особливостями щита і схемою його взаємодії з навколишнім масивом. Відомо, що корпус щита виконує роль пересувного запобіжного кріплення під захистом якого здійснюються всі операції прохідницького циклу, починаючи від розробки вибою до зведення оброблення. При впровадженні в ґрунтовий масив ножова частина щита зрізає ґрунт строго по контуру його корпусу.

Така схема взаємодії з навколишнім ґрунтовим масивом створює найбільш сприятливі умови роботи тунельних опоряджень, як тих, що укладаються в хвостовій частині і при сходженні з неї розтискаються в стінки тунелю дією

щитових домкратів, так і монтованих з подальшим додатковим обтисненням в стінки тунелю. Щільне обтиснення по всьому контуру виробки створює найкращі умови роботи системи «порода-опорядження».

Оконтурювання вибою ножовою частиною корпусу щита забезпечує мінімальні перебори ґрунту за межами зовнішнього контуру тунельного опорядження. Ця обставина тягне за собою мінімальні витрати праці і засобів нагнітання тампонажних матеріалів в закріпний простір.

Оцінюючи щитову технологію з цього боку можна відзначити, що вона має найбільш високу перспективність для застосування при проходці в різних ґрунтових умовах і підвищення несучої здатності за рахунок поліпшення її спільної роботи з навколишнім гірським масивом.

До останнього часу не вдалося створити ефективного обладнання для механізації зведення збірного кріплення, крім як при використанні щитових комплексів, а також автономних тунельних блокоукладачів. Застосовувані в більшості щитів механізми для укладання блоків або тубінгів за своєю конструкцією забезпечують спільне виконання основних прохідницьких операцій з розробки вибою і зведення опорядження і обумовлюють можливість використання опоряджень, що складаються з великорозмірних елементів. У свою чергу ця обставина дозволяє знизити тривалість або повністю ліквідувати важку ручну працю на монтажі опорядження.

Здійснюване в більшості конструкцій щитів пересування на вибій шляхом відштовхування від торцевих поверхонь елементів збірного тунельного опорядження сприяє значному ущільненню швів між кільцями, що істотно збільшує водонепроникність конструкції. Спирання щитовими домкратами на раніше укладене опорядження використовується також для пресування монолітного бетону при його застосуванні при кріпленні тунелю.

У конструкції щитів, особливо середніх і великих діаметрів досить просто розміщуються і зручно монтуються різні пристосування для розвантаження і доставки елементів тунельного обладнання: монорейок, тельферів, маніпуляторів, рольганг, кранів тощо. Ці механізми, а також обладнання для нагнітання

тампонажного розчину за опорядження знаходиться, зазвичай, за межами щита на технологічній платформі. Пересування технологічної платформи на вибій здійснюється одночасно із щитом, до якого остання прикріплюється спеціальними тягами. Наявність технологічної платформи дозволяє розосередити прохідницькі роботи і значно спростити їх організацію.

Монтаж тонального опорядження, зазвичай здійснюється під захистом хвостової частини його корпусу. Це означає найбільш сприятливі умови роботи прохідників з точки зору безпеки в порівнянні з іншими способами ведення гірничо-будівельних робіт.

З наведеного вище аналізу щитової технології можна констатувати її перспективність.

#### *Вибір щиту.*

З огляду на інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови будівництва, а також, що при положенні тунелів в містах є жорсткі обмеження за величиною осідань земної поверхні і деформацій будівель і споруд, найбільш поширеним способом проходки є щитовий.

Зазвичай застосовуються механізовані щити при довжині проходки більше 0,5 км.

У незв'язаних і зруйнованих ґрунтах з невеликим водопрививом і рівнем напору вод близько 30 м доцільно застосовувати щити з завантаженням вибою бентонітовим розчином. При проходці такими щитами режим ґрунтових вод не порушується, а осідання поверхні не перевищують 2 см. Однак такі щити вимагають громіздкого обладнання на поверхні для очищення бентонітової розчину.

Прохідницькі механізовані щитові комплекси для будівництва тунелів зі збірним опорядженням вітчизняного виробництва мають маркування КТ або КМ. Для спорудження тунелів зі збірним залізобетонним опорядженням в однорідних стійких ґрунтах з коефіцієнтом міцності  $f \leq 5$ , таких, як щільні глини або м'які мергелі, доцільно використовувати комплекс КТ-1-5,6.

До складу комплексу входить щит, обладнаний роторним робочим органом з центральним валом, обладнаним високопродуктивними стрижневими або дисковими різцями і регульованими заслінками, що дозволяють плавно змінювати розміри отворів в робочому органі для забезпечення впуску всередину ножової частини щита під навантаженням.

Привибійне навантаження ґрунту здійснюється шнековим конвеєром, що забезпечує краще завантаження щитового стрічкового конвеєра.

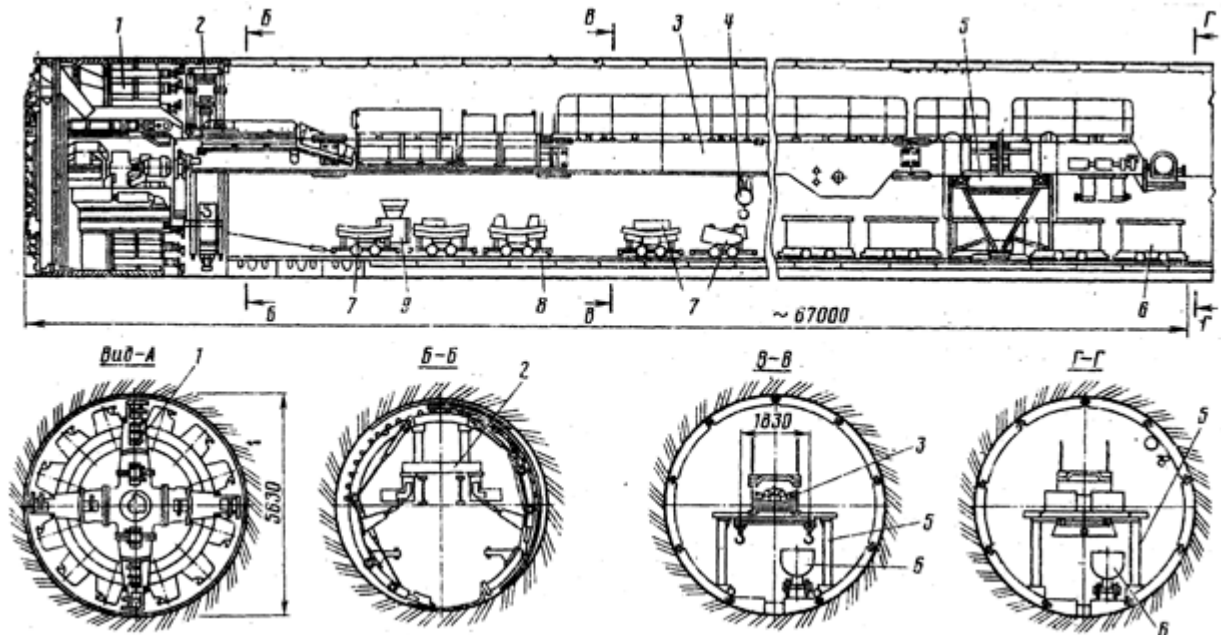


Рис. 3. Щитовий комплекс КТ-1-5,6

Все це дозволяє здійснювати проведення виробок в піщаних і глинистих ґрунтах з домішками гальки, гравію, і дрібних валунів, а також в міцних породах з меж міцності на стиснення 50 МПа.

Крім того в комплекс входять важільний блокоукладач, з вакуумним захопленням на кільцевій конструкції, розрахований для пропуску по центру шнекового конвеєра, стрічковий конвеєр, транспортний міст, технологічна платформа, обладнання для нагнітання за опорядження тампонажного розчину, пиловідсмоктувальне обладнання, транспортне обладнання, рольганг, пульт управління, оснащений приладами електронного контролю за роботою основних систем і механізмів комплексу і станом ґрунтового масиву.

*Спорудження тунелю щитовим способом.*

Технологічний процес передбачає циклічну організацію робіт з розрахунку проходки 1 м тунелю за 1,5 години при робочій зміні 6 годин. Для проведення тунелю приймається безперервний 5-ти денний робочий тиждень з трьома робочими змінами. Бригада зайнята на комплексі складається з 12 осіб: машиніста щита, машиніста блокоукладача, монтажника з укладання блоків, оператора навантажувального пункту, двох робітників з первинного та контрольному нагнітання, чергового електрослюсаря, маркшейдера і чотирьох машиністів електровозів. Ремонт і ревізія обладнання проводиться в четверту зміну, а більший ремонт – у вихідні дні. Декларована виробником швидкість проходки становить 300 метрів на місяць.

*Введення щиту у вибій.*

Після спуску, монтажу і випробування щита вхолосту, маркшейдер визначає його положення, як в плані, так і в профілі, виконує виміри в хвостовій частині щита, щоб переконатися у відсутності еліптичності понад припустимих норм за проектом (5 мм). Після визначення положення щита приступають до просування щита до вибою. Для цього в лотковій частині камери споруджують упор, куди впираються домкрати. Протягом всього часу введення щита у вибій необхідно ретельно стежити за його станом. При пересуванні щита необхідна присутність маркшейдера і гірничого майстра. Перевірка в плані повинна проводитися після кожного переміщення. Перед першим зануренням щита в породу укладаються тимчасові колії з телескопічною ланкою безпосередньо за щитом.

Після того як щит повністю введений у вибій, перш ніж збирати перше повне кільце кріплення, необхідно до закладних деталей, змонтованим за проектом в передній стінці ствола, приварити швелери або двотаври для упору верхніх блоків при пересуванні щита домкратами. Перебір породи забороняється, так як після виходу кільця з хвостової частини щита відбудеться деформація кріплення перш, ніж зроблять тампонаж закріпленого простору.



Після закінчення проходки тунелю на довжину пересувної платформи роботи припиняються, демонтують тимчасові рейкові шляхи, очищають тунель і приступають до монтажу пересувної платформи і обладнання, що встановлюється на ній.

#### *Розробка ґрунту у вибої.*

Розробка ґрунту у вибої ведеться роторним робочим органом з ґрунтовим привантаженням вибою. Порода видаляється через регульовані заслони. Розробка вибою ведеться заходками по 1 м. Час на розробку породи приймається, за умови відсутності норм часу і виробітку для існуючих умов, з досвіду – 1 година 20 хвилин.

#### *Навантаження породи.*

Привибійне навантаження породи здійснюється шнековим конвеєром, далі по стрічковому конвеєру – в вагонетки. Обсяг породи на 1 метр проходки становить 28,5 м<sup>3</sup>. На транспорт породи відводиться 4 електровоза з 6 вагонетками УВГ – 1,6, довжина вагонетки 2700 мм, довжина складу 19700, застосовувані електровози 5 АРВ з конструктивною швидкістю 6 км/год.

#### *Пересування щиту.*

Після розробки вибою щит пересувається за допомогою щитових домкратів, які обпираються при цьому на останнє покладене кільце. Число одночасно включених домкратів залежить від опору порід пересуванню щита і від положення щита в плані і профілі.

У загальному випадку розрахункове зусилля пересування щита обчислюється за формулою:

$$P_{\text{розрах}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \text{ тс}$$

де  $P_1$  – зусилля занурення головної частини щиту у вибій, тс;

$P_2$  – зусилля подолання зусилля супротиву тертя зовнішньої поверхні корпусу по породі, тс;

$P_3$  - зусилля для подолання зусилля супротиву тертя внутрішньої оболонки зведення кріплення, тс;

$P_4$  - зусилля для подолання зусилля супротиву буріння частини прохідницького комплексу, що пересувається разом із щитом по кріпленню, тс.

Зусилля пересування визначається показаннями манометра. Зміна напрямку руху щита проводиться включенням певної групи щитових домкратів.

#### *Зведення кріплення (опорядження).*

Як постійне кріплення застосовується кільцева залізобетонна конструкція, що складається з 9 блоків прямокутної форми товщиною 200 мм, стикове з'єднання – опукло-увігнуте, з'єднання сусідніх блоків – за допомогою шпильок. У кожному блоці є отвір для тампонажу заблочного простору діаметром 60 мм.

Блоки подаються до щита на спеціальних візках (блоковозах). На кожному візку розміщується два блоки. Блоки знімають гідравлічним маніпулятором і подаються на рольганг, а потім по ньому безпосередньо на захоплення блокоукладчиком. За хронометражними даними на зведення кільця кріплення блокоукладчиком потрібно 40 хв.

#### *Тампонаж закріпного простору.*

Тампонаж простору за опорядженням цементним розчином виконується в такій послідовності: спочатку тампонується нижня частина другого від щита кільця, потім бічні блоки третього – четвертого кілець, після цього верхня частина закріпного простору в зоні четвертого-п'ятого кілець.

При нагнітанні розчину в отвір чергового блоку решта отворів, за винятком отворів в сусідньому блоці закриваються пробками. Тампонажний розчин готується в розчинозмішувачі і подається насосом під тиском 4...5 атм. До змішувача компоненти доставляються в спеціальних контейнерах, встановлених в вагонетках. Як компоненти розчину передбачається цемент марки 300 і річковий або гірський пісок фракції 1,2 - 1,4 мм.

### *Влаштування металоізоляції.*

Найбільш відомим матеріалом, повністю непроникним для води і водяної пари, є метал. Мембрану влаштовують за допомогою закладних, до яких кріпляться металеві листи. Товщина листа при цьому повинна бути не менше 6 мм.

Технологія створення металевої мембрани досить складна, вона передбачає її монтаж, зварювання і перевірку герметичності зварних швів, нагнітання за мембрану тампонажного розчину, нанесення захисного шару покриття. Всі елементи мембрани (облицювання, ребра жорсткості, анкери) розраховуються в залежності від тиску води. Металокаркас мембрани повинен мати необхідну жорсткість. Кількість зварних швів повинно бути мінімальним. Особлива увага приділяється зварювальним роботам. Вони повинні забезпечити мінімальні температурно-усадочні напруження. При застосуванні гідроізоляційної мембрани вона повинна бути захищена від корозії бітумно-гумовими покриттям згідно СНіП 2.03.11-85.

### *Укладання рейкових шляхів.*

До технологічної платформи закріплюється телескопічна ланка, яка в міру пересування щита дозволяє проводити безперервну відкатку на привибійній ділянці тунелю. Довжина ланки становить 8 м. Після висунення телескопічної ланки на повну довжину виконується нарощування рейкового шляху. Операції з нарощування рейкового шляху здійснюються паралельно з основними операціями прохідницького циклу. Після кожного переміщення щита під телескопічну ланку укладається шпала і розкріплюється. Після просування щита на 8 м встановлюються рейки і кріпляться до шпал костілями.

### *Вентиляція і водовідлив.*

Оскільки при розробці породи можлива наявність пилу, провітрювання вибою здійснюється за витяжною або комбінованою схемою вентиляторами типу

ВМ - 5М. По тунелю (стволу) до вентилятора прокладається став з гумових труб діаметром 500 мм. Від вентилятора до вибою – металеві труби. Всмоктувальний кінець розташовують якомога ближче до вибою, але не далі 10 м. Труби підвішуються на петлях до верхніх блоків тунельного опорядження. Нарощування труб проводиться за пересувною платформою шляхом заміни телескопічної ланки труби меншого діаметру на стандартні.

*Контроль за посуванням щитового комплексу.*

На комплексі застосовується лазерний прилад, який залишає світлову пляму, за місцезнаходженням якої визначають величину відхилення щита. Нагляд за поведінкою променя повинен бути постійним. Машиніст в процесі пересування щита повинен стежити за напрямком щита як в плані так і в профілі. Заміри в плані робляться гірничим майстром після кожного переміщення. Під час пересування і укладання блоків гірничий майстер повинен бути присутнім в обов'язковому порядку.

### III. ОХОРОНА ПРАЦІ.

#### ***3.1. Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей об'єкта, що проектується***

В дипломному проєкті розглянуто проектування будівництва вертикального стволу і каналізаційного колектора глибокого закладення у м. Києві.

Вертикальний ствол проходиться гірським способом, а його нижня частина - буропідривним. Колектор проходиться механізованим способом за допомогою щитового комплексу КТ 1-5/6.

Виробки не є небезпечними за газом і пилом. При використанні БПР в стволі можлива поява отруйних газів вибуху.

Джерелами травматизму при проходці виробок можуть стати машини і обладнання.

І в стовбурі і в колекторі використовується пневмо- і електроенергія для живлення машини і механізмів.

Температура у виробках відповідає температурі повітря на поверхні (ствол глибиною 31,2 м діаметром 16 м) або близька до 12 градусів за Цельсієм (в колекторі). Проходці в стволі здійснюються під захистом ледопородної огорожі, а щит, що використовується в колекторі дозволяє забезпечити ґрунтопривантаження вибою, що дозволяє виключити потрапляння ґрунтових вод в привибійний простір виробок.

#### ***3.2. Інженерні заходи забезпечення безпеки ведення робіт на об'єкті, що проектується.***

Для провітрювання стволу і колектора використовується нагнітальна схема провітрювання. Обраний тип вентиляції – нагнітальний.

1. Витрати повітря за кількістю людей, які одночасно працюють у виробці:

$$Q_{\text{вп}} = 6n ;$$

де Q – витрати повітря для провітрювання привибійного простору;

$b$  – витрати повітря на одну людину;

$n_r$  – кількість робітників, що одночасно знаходяться у вибої.

$$Q_{\text{вп}} = 6 \text{ м}^3 / \text{хв} \cdot 12 = 72 \text{ м}^3 / \text{хв}.$$

2. Витрата повітря за мінімальної швидкості руху його за всієї довжиною виробки:

$$Q_{\text{зн}} = 60 \cdot V_{n \text{ min}} \cdot S ;$$

де  $V_{n \text{ min}}$  – мінімальна швидкість руху повітря у виробці – 0,15 м/с;

$S$  – площа поперечного перерізу виробки  $S = 28,25 \text{ м}^2$  .

$$Q_{\text{зн}} = 60 \cdot 0,15 \cdot 28,25 = 254,25 \text{ м}^3 / \text{хв}.$$

3. Вибір вентилятора місцевого провітрювання.

Продуктивність вентилятора місцевого провітрювання визначається за формулою:

$$Q_v \geq k_{yn} \cdot Q_3 ;$$

$k_{yn}$  – коефіцієнт витоків повітря, дорівнює 1,13;

$Q_3$  – кількість повітря, яке необхідно подавати у вибій.

$$Q_b = 1,13 \cdot 254,25 \text{ м}^3 / \text{хв} = 287,3 \text{ м}^3 / \text{хв} = 4,23 \text{ м}^3 / \text{сек}.$$

4. Депресія вентилятора складається з статичного, динамічного напорів и втрат напору на місцеві опори:

$$h_b = h_{cm} + h_g + h_m ;$$

$$h_{cm} = R_m \cdot Q_3^2 \cdot k_{yn}$$

$R_m$  – аеродинамічний опір трубопроводу діаметром 500 мм дорівнює 146 Нс<sup>2</sup>/м.

$$h_{cm} = 146 \cdot 4,23^2 = 2,6 \text{ кПа}$$

$$h_g = v \frac{V^2}{29}$$

$v$  - питома вага повітря = 1,2 кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – середня швидкість руху повітря при виході з трубопроводу:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4,23 \cdot 4}{3,14 \cdot (0,5)^2} = 21,55 \text{ м/сек};$$

$g$  – прискорення вільного падіння = 9,81 м/сек;

$$h_g = \frac{1,2 \text{ кг/м}^3 (21,55 \text{ м/сек})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ м/сек}^2} = 140 \text{ Па};$$

$$h_n = \sum \varphi v \frac{v_m^2}{2g};$$

$\varphi$  - коеф. місцевого опору = 0,7.

Приймаючи наявність двох поворотів під кутом 90 град. на трубопроводі:

$$h_m = 2 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \text{ кг/м}^3 \cdot \frac{(21,55 \text{ м/сек}^2)}{2 \cdot 9,81} = 196 \text{ Па};$$

Таким чином:

$$h_b = 2936 \text{ Па}$$

Вентилятор ВМ-5М, прийнятий для вентиляції задовольняє розрахунковим умовам.

Захист людей від ураження електричним струмом в мережах з ізолюваною нейтраллю передбачається за рахунок:

- пристрою захисних заземлень; у кожному поверхневому будинку виконується внутрішній контур захисного заземлення зі сталеві смуги 4\*25 мм, прокладеної по стінах всередині будівель на висоті 0,6 м від підлоги. Все стаціонарно встановлене електрообладнання приєднується до заземлювачів шляхом використання вільних жил кабелів і сталеві смуги 4 \* 25 мм. Заземлення пересувних механізмів здійснюється приєднанням до контуру захисного заземлення будівель шляхом використання металевих оболонок броньованих кабелів і вільної (заземлюючої) жили кабелів. Опір захисного контуру не має перевищувати 4 Ом.

- встановленим реле витоків струму на напругу 380 В з автоматичним відключенням пошкодженої мережі.

### *3.3. Організація безпечного ведення робіт на об'єкті*

Земляні роботи виконуються тільки за затвердженим проектом виконання робіт. При наявності в місці проведення робіт діючих електрокабелів, роботи ведуться під наглядом виконроба або майстра і представників організації, що експлуатує ці мережі.

Котловани обгороджені, і в нічний час мають сигнальне освітлення. На відсипаних насипах механізми не наближаються до покрівлі ближче, ніж на 0,5 м. При розробці ґрунту екскаватором, працівникам забороняється перебувати під ковшем або стрілою, проводити будь-які роботи з боку вибою. Забороняється перебування сторонніх в радіусі дії екскаватора – 5 м. Екскаватор можна переміщати тільки по рівній поверхні, стрілу встановлюють по осі шляху, ківш розвантажуються і піднімається над землею на 0,5...0,7 м.

Забороняються повертання бульдозерів з завантаженим або заглибленим в ґрунт відвалом.

Для виконання монтажних робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання і здали екзамени.

Установка конструкцій здійснюється в порядку, передбаченому проектом виконання робіт. Перед підйомом, конструкції очищають від криги, іржі і бруду, їх піднімають плавно, без ривків і розгойдування. При переміщенні збірних конструкцій, монтажники перебувають поза зоною переміщення. При підйомі конструкцій, всі сигнали машиністу крана і робочим подає одна людина – бригадир або такелажник. Сигнал «Стоп» подається будь-яким працівником, що помітили небезпеку. Не допускається робота монтажників на висоті і в відкритих місцях при швидкості вітру 15 м / с і більше, а також при ожеледиці, грозі і тумані.

Монтаж конструкцій з великою парусністю припиняють при швидкості вітру 10 м / с і більше.

На майданчику передбачені спеціальні місця для здійснення вантажно-розвантажувальних робіт, а також зберігання матеріалів і конструкцій.



*Заходи з безпеки при роботі з краном.*

Перед початком робіт всі робітники інструктуються з питань техніки безпеки роботи з краном КБ - 403 - Б із записом в журналі інструктажу. Щозміни, інструктуються з записом в журналі кранівники і стропальники про місце і характер майбутньої роботи крана, наявності та виду обмежень. Інструктаж проводить особа відповідальна за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів краном.

Кордон небезпечної зони захищається попереджувальними знаками, які повинні бути добре видно кранівнику в денний і нічний час.

До роботи з краном допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання і мають посвідчення стропальника.

Особам, які не мають відношення до роботи крана, перебувати в зоні роботи крана забороняється.

Щозміни перевіряється стан підкранових колій із записом в журналі про появу відхилень і їх усунення. З метою недопущення ходіння по підкранових коліях сторонніх осіб, зона переміщення крана огорожується. Рейкові шляхи заземляються, стики з'єднуються перемичками. Складування матеріалів і розміщення тимчасового обладнання на рейкових шляхах забороняється. На підкранових рейкових шляхах встановлюються тупикові упори на відстані 1,5 м від кінців рейок.

Вантажопідйомні машини, які знаходяться в роботі, забезпечуються ясними позначеннями реєстраційного номера, вантажопідйомності і дати наступного випробування; а вантажозахоплювальні пристрої клеймами і бирками.

Стропування елементів виконується інвентарними стропами, обладнаними гаками з пристосуваннями, що надійно замикаються. Невикористані гаки багатогілкових стропів вантажозахоплювальних пристроїв необхідно навішувати на кільце строп і замикати замком гака для запобігання їх самовільного вивільнення. Кут між стропами повинен бути не більше 90°.

При стропування вантажу гаки повинні бути спрямовані від центру вантажу, що виключає можливість зачіпки вантажу кінцем гака і оберігає замок від поломки.

*Заходи з безпеки при виведенні щита на трасу.*

Вимоги до щитів:

Щит після монтажу випробовують в роботі. Результати випробувань оформлюються актом. Обладнання, механізми та пристрої складеним актом пред'являються представникам гірничотехнічної інспекції, яка з урахуванням акта і контрольних випробувань дозволяє їх експлуатацію.

При роботі щита, особи не пов'язані з його управлінням із вибою видаляються.

Проводити ручне очищення і змащення штоків щитових, платформних і забійних домкратів при їх зворотному ході забороняється.

До пуску механізму різання механічного щита необхідно переконатися, що у вибої відсутні люди. Перед включенням механізму різання або допоміжних механізмів машиніст щита подає світловий і звуковий сигнали, що попереджають про початок роботи. Під час роботи ріжучого механізму, доступ людей в забій заборонений. Допуск людей за ріжучий орган дозволяється під безпосереднім керівництвом змінного інженера, відповідно до вимог спеціальних інструкцій, затверджених головним інженером спецуправління. Машиніст щита повинен бути не молодше 20 років, пройти спеціальне навчання на цю професію і мати посвідчення на право керування щитом.

Робоче місце машиніста щита з'єднується світловою та звуковою сигналізацією з усіма механізмами технологічного комплексу. Схемою управління транспортером-перевантажувачів технологічного комплексу повинна бути передбачена її зупинка з двох місць – машиністом щита і робітником, який знаходиться в зоні навантаження ґрунту у вагонетки.

Всі роботи з введення щита з монтажно-щитової камери на трасу слід виконувати відповідно до ПБ 03-428-02 «Правила безпеки при будівництві підземних споруд», СНіП 3-4-80 «Техніка безпеки в будівництві», СНіП 3-8-76 «Земляні споруди», а також технічними умовами і нормативами на окремі види робіт.

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

До початку робіт робітники ІТП ознайомлюються зі справжніми положеннями.

Між машиністом крана і стропальником забезпечується пряма видимість; при її відсутності робоче місце обладнується додатково переговорним пристроєм.

Всі небезпечні зони роботи механізмів огорожуються знаками і постами.

Переміщення, врізка щита, укладальника, монтаж опорядження виконуються тільки в присутності начальника зміни.

Під час врізки щита і проходки ведеться постійне маркшейдерське спостереження за станом кріплення камери і її деформація, а також за розкритими комунікаціями. При появі неприпустимих деформацій кріплень камери врізку слід припинити, зробити необхідні посилення конструкціями. При появі неприпустимих деформацій кріплення камери врізку щита також зупиняють, а також виконуються необхідні посилення конструкції. При аварійних просіданнях підземних комунікацій проходку тунелю припиняють, повідомляють власнику комунікацій і експлуатуючим організаціям. Комунікації відключаються і приймаються негайні заходи щодо ліквідації аварії.

Подовження ходу щитових домкратів за допомогою підручних засобів забороняється.

Під час навантаження породи у вибої породонавантажувальної машини або конвеєра-перевантажувача в зоні дії можуть перебувати тільки машиніст і його помічник. Виконувати за допомогою вищенаведених машин у вибої інші роботи забороняється.

Не дозволяється перебування людей під піднятим блоком опорядження.

Залишати блоки в підвішеному стані при закінченні робіт або на час перерви в роботі забороняється.

Подавати сигнали машиністу укладальника дозволяється тільки робітникові, призначеному службою технічного нагляду. Включення механізмів дозволяється тільки після подачі сигналу цим робочим, який зобов'язаний переконатися, що роботі механізмів ніщо не заважає. До включення механізмів машиніст повинен

дати відповідний сигнал. Кожен незрозумілий сигнал повинен бути сприйнятий машиністом укладача як сигнал «стоп».

*Заходи безпеки при будівництві тунелів зі збірним опорядженням за допомогою прохідницьких комплексів.*

Накопичувати породу і матеріали в осередках щита, поблизу огорож, в проходах, на висувних майданчиках укладальників забороняється.

Майданчики на щитах і укладальники обладнуються бортами і надійними металевими огорожами.

При пересуванні прохідницького щита або укладача забороняється:

а) виконувати роботу без особи технічного нагляду або знаходження у вибої осіб, не пов'язаних з цією роботою;

б) отримувати валуни і інші тверді включення з привибійної зони щита;

в) використовувати для збільшення ходу штоків щитових гідроциліндрів підручні пристосування, перебувати в зоні дії щитових гідроциліндрів.

Управління гідроциліндрами і пересування щита виконує машиніст щита. Опори укладальників збірного опорядження, що пересуваються лотковою частиною тунелю, рейковими шляхами і кронштейнами щозміни оглядаються особою технічного нагляду і при виявленні дефектів негайно виправляються або замінюються.

Кронштейни та рейковий шлях, яким пересуваються укладальники, встановлюються із застосуванням засобів механізації в присутності особи технічного нагляду або машиніста щита.

Перед пересуванням укладальника збірного опорядження забираються балки, що підтримують опорядження.

Руйнування великих валунів і вилучення їх із ґрунтового масиву здійснюють під захистом надійного кріплення під керівництвом особи технічного нагляду.

При роботі механізованого щита передбачені спеціальні пристрої для придушення або уловлювання пилу, що знижують її зміст в привибійній зоні до

рівнів санітарних норм. Пилопригнічувальні або пилоуловлювальні пристрої передбачається вмикати до пуску робочого органу щита.

Робоче місце машиніста механізованого щита обладнано світловою та звуковою сигналізацією, з'єднаною з усіма механізмами технологічного комплексу.

Двигуни робочого органу щита можуть вмикатися тільки після того, як машиніст особисто переконався у відсутності в вибої людей, а також завалу породи, залишків кріплення або будь-яких інших предметів.

При огляді вибою, ремонті щита і приводів всі двигуни вімикаються, а на пульті управління вивіщується плакат «Не вмикати – працюють люди!».

Машиніст щита зобов'язаний включати двигуни приводу щита і комплексу в разі екстреної необхідності, на вимогу будь-якого з членів бригади, що працює на механізованому комплексі.

#### *Заходи безпеки при електрозварювальних і газополумєневих роботах.*

При виконанні електрозварювальних і газополумєневих робіт виконуються вимоги СНиП 3-4-80, а також Санітарних правил при зварюванні, наплавленні і різанні металу.

Місця виконання електрозварювальних і газополумєневих робіт звільняються від горючих матеріалів у радіусі не менше 5 метрів, а від вибухонебезпечних матеріалів і установок (в тому числі газових балонів) на 10 м.

При різанні елементів конструкцій вживаються заходи проти випадкового обвалення відрізаних елементів шляхом стропування до нерухомих елементів конструкцій.

При виконанні електрозварювальних і газополумєневих робіт всередині закритих ємностей і порожнин конструкцій робочі місця забезпечуються витяжною вентиляцією. Швидкість руху повітря в межах 0.3 – 1.5 м / с.

Одночасне виробництво газополумєневих робіт всередині замкнутих ємностей не допускається.

Освітлення при виробництві зварювальних робіт всередині ємностей здійснюється за допомогою ручних переносних ламп напругою не більше 12 вольт.

Для підведення зварювального струму до електротримачів і пальників для дугового зварювання застосовуються гнучкі кабелі, розраховані на надійну роботу при максимальних електричних навантаженнях з урахуванням тривалості циклу зварювання.

Як зворотний провід або його елемент можуть бути використані сталеві шини і конструкції, якщо їх переріз забезпечує безпечно, за умовами нагріву, протікання зварювального струму. При застосуванні пересувних джерел зварювального струму, а також у випадках виконання робіт в пожежонебезпечних приміщеннях зворотний провід ізолюється також, як прямий.

Газові балони дозволяється перевозити, зберігати, видавати та отримувати тільки особам, які пройшли навчання щодо поводження з ними.

Газові балони вживають запобіжних засобів від ударів і дії прямих сонячних променів, а також віддаляються з опалювальних приладів на відстань не менше 1 м.

При експлуатації, зберіганні і переміщенні кисневих балонів забезпечуються заходи проти зіткнення балонів і рукавів з мастильними матеріалами, а також одягом і обтиральними матеріалами, що мають сліди мастил. Переміщення газових балонів здійснюють на спеціально призначених для цього візках, в контейнерах і інших пристроях, що забезпечують стійке положення балонів.

При контролі якості зварних швів за допомогою ультразвуку необхідно виконувати правила з технічної експлуатації електроустановок.

### ***3.4. Пожежна безпека об'єкта, що проектується.***

На період проходки виробок на майданчику проектується протипожежний трубопровід, який відповідає вимогам СНіП 2.04.02 – 84 з умови розрахунку витрат води на зовнішнє пожежогасіння – 10 л/с, на внутрішнє – 5 л/с (два струмені по 2,5 л/с). Мінімальний напір в тимчасовій мережі водопроводу передбачається 10 м з розрахунку гасіння пожежі автонасосами. Пожежогасіння на майданчику передбачається з пожежних гідрантів та з резервуара оборотного і протипожежного водопостачання  $V = 100 \text{ м}^3$ .

Шахтний копер обладнується сухотрубним трубопроводом, призначеним для подачі води під час пожежі до розпилювальних насадок з метою зрошення шківів і підшківного майданчика. Витрата води для пожежогасіння копра прийнята 25 м<sup>3</sup>/год (7 л/с) згідно з додатком до «правил безпеки у вугільних і сланцевих шахтах». Необхідний напір на ввіді в прохідницький копер становить 34,5 м в. ст. У будівлі копра передбачений внутрішній протипожежний водопровід, який розрахований на витрату 7 л/с, в тому числі 2,5 л/с на пожежний кран і 4,5 л/с на дренчерні розпилювачі. Дренчери розташовуються на відстані не більше 3 м один від одного, але не більше 1,5 м від стіни. Мережа підвідних трубопроводів діаметром 50 і 25 мм монтується зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб. Дренчери приймаються лопаточні з вихідним отвором діаметром 12 мм за ГОСТ 14630-80. Трубопроводи в приміщенні копра ізолюються шаром шлаковати з покривним шаром лакосклотканини за ТУ 36-929-67.

В тунелі передбачається створення протипожежного трубопроводу діаметром 150 мм із облаштуванням через кожні 50 м з'єднань Богданова та розміщенням поряд гнучких рукавів трубопроводів довжиною 20 м.

У вибої і через кожні 500 м облаштовується протипожежний пункт, який містить 4 вогнегасника (2 вуглецевих, 2 порошкових), бак з піском вагою не менше ніж 0,5 т і комплект інструментів для гасіння пожежі (лопати, багор тощо).

### **3.5. План ліквідації аварії.**

Вид аварії: Пожежа.

Позиція №1. Вибій каналізаційного колектору.

№№ з/п	Заходи з ліквідації аварії та порятунку людей	Відповідальні особи та виконавці	Шляхи виведення людей	Шляхи руху відділення ВГРЗ та завдання
1	Виклик міської пожежної охорони і ВГРЗ	Начальник ділянки, гірничий	Прохідники виходять із вибою	Перше відділення ВГРЗ по сходах спускається в

**БГГМ ПД18.01.В.ПЗ**

Арк.

	телефоном	майстер	респіраторох до шахтного ствола і по сходах або в баддях піднімаються на поверхню	навколоствольний двір і приймає участь у ліквідації пожежі. Друге відділення ВГРЗ виводить людей на поверхню з навколоствольного двору і надає їм першу допомогу.
2	Вимкнення вентилятора	Гірничий майстер, черговий електрослюсар		
3	Виведення людей із вибою	Змінний майстер, бригадир		
4	Ліквідація вогнища загоряння	Міська пожежна охорона, відділення ВГРЗ		
5	Інформування вищого керівництва телефоном	Начальник ділянки, гірничий майстер		

### ***3.6. Заходи з охорони навколишнього середовища.***

За своїм призначенням, глибиною залягання, специфікою споруди, колектор в стадії будівництва впливає на атмосферу, надра, підземні води, зелені насадження, будівельне обладнання, що застосовуються є джерелом шуму і вібрації.

Передбачається комплекс заходів щодо захисту навколишнього середовища на період будівництва споруд колектора, що включають охорону атмосферного повітря, підземних вод, відновлення ґрунтово-рослинного шару і д.р.

#### *Охорона атмосферного повітря.*

У проекті передбачається застосування будівельного обладнання, що не дає шкідливих викидів в атмосферу – електричні, гідравлічні і пневматичні машини і механізми, а також обладнання (екскаватори, автомобілі та стрілові крани) з двигунами внутрішнього згоряння, що забезпечують викиди шкідливих речовин в допустимих концентраціях. При перевищенні норм, двигуни обладнуються нейтралізаторами вихлопних газів.



Основні підземні виробничі процеси – розробка породи і її транспортування до прийомних бункерів на поверхні, монтаж збірного опорядження – ведеться без викидів пилу і шкідливих речовин, відсутні також виділення шкідливих і небезпечних газів – метану, вуглекислого газу, окису азоту тощо

Єдиним істотним шкідливим викидом є аерозолі, які виділяються при електрозварювальних роботах. На відкритих гірничих роботах зварювання ведеться на денній поверхні, тому основним способом зменшення викидів є застосування електродів зі зниженим виділенням зварювального пилу і умовного окису марганцю. При зварюванні в підземних виробках передбачається зниження вмісту окису марганцю до санітарних норм шляхом розбавлення їх струменем повітря.

#### *Заходи із захисту від шумів.*

Джерелом шуму при будівництві ствола є екскаватори, монтажні крани, вентилятори. Шум від роботи підземного обладнання та механізмів екранується породами масиву, і впливу на навколишнє середовище не створює.

Вентилятор головного провітрювання розташовується на будмайданчику на максимально можливій відстані від житлових будинків, і монтується на шумовібропригнічуючих прокладках.

#### *Охорона поверхневих і підземних вод від забруднення і виснаження.*

Інженерно-геологічні роботи в процесі будівництва містять: систематичний опис ґрунтів у вибоях, склепінні і стінах вироблення, визначення міцності і стійкості ґрунтів і порід, фіксування проявів гірського тиску, вивалів, переборів, обводнення, визначення стану тимчасового кріплення і постійної опорядження.

У разі невідповідності фактичних інженерно-геологічних умов даним досліджень складовим документації гірничих виробок, інженери-геологи інформують проектну і будівельну організацію для внесення змін в проектну документацію або в організацію будівництва з авторського нагляду.

У процесі інженерно-геологічних робіт на ділянках штучного заморожування передбачається вести спостереження за бурінням і обладнанням.

У підставі проведених робіт формується детальна інженерно-геологічна документація, інженерно-геологічних, гідрогеологічних умов, наводиться фізико-механічні характеристики, окремих верств і хімічних складів підземних вод в динаміці, даються рекомендації щодо подальшого поліпшення якості досліджень, спрямованих на збереження екологічної рівноваги в природі, даються пропозиції з охорони навколишнього середовища.

*Охорона земель і земельних насаджень.*

Колектор, який проходиться закритим способом не створює шкідливого впливу на збереження земель і зелених насаджень, тому ніяких охоронних заходів на ділянці закритого способу робіт даним проектом не передбачено.

На ділянках територій, які потрапляють в зони розкриття, передбачається попередня зрізка ґрунтово-рослинного шару і його складування у тимчасових відвалах з метою подальшого використання при благоустрої.

Розміри будівельних майданчиків прийняті мінімально необхідними за умовами розміщення комплексу тимчасових будівель і споруд, пристрої проїздів, майданчиків. Розташування тимчасових будівель виконана з урахуванням зменшення вирубки зелених насаджень. Дерева і чагарники, що потрапляють в зони розкриття, пересаджаються або вирубуються (в залежності від цінності і віку).

Покриття доріг, тротуарів, проїздів, які порушуються в процесі будівництва, при впорядкуванні відновлюються або реконструюються.

## IV. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 4.1. Кошторисні параметри проекту.

Для розрахунку вартості будівництва вертикального ствола і колектора використовувався програмний комплекс «Будівельні технології - Кошторис», який дозволяє сформувані наступні документи стосовно завдань проектування:

1. Локальний кошторис на будівництво ствола гірничим способом і буропідривним.
2. Локальний кошторис на будівництво колектора.
3. Об'єктний кошторис на будівництво ствола і колектора з підсумковими параметрами вартості.
4. Договірна ціна.

Підставою для розрахунку використовувались «Правила визначення вартості будівництва» (ДСТУ Б. Д.1.1-1:2013), а також збірники ресурсних елементних кошторисних норм, а, зокрема, збірник 29 «Тунелі і метрополітени», 35 «Гірничопрохідницькі роботи», 1 «Земляні роботи».

### 4.2. Графік організації будівництва виробок.

Тривалість будівництва виробок визначається за формулою:

$$T = \frac{Q_i}{N \cdot n \cdot t \cdot n_n \cdot \kappa_n};$$

де  $Q_i$  – кошторисна трудомісткість проведення виробки;

$N$  – кількість робочих днів в місяць, 25 днів;

$n$  – кількість прохідницьких змін на добу, 3 зм.;

$t$  – тривалість прохідницької зміни, 7 год.;

$n_n$  – кількісний склад прохідницької ланки, люд. 18 для ствола (10 при заморожуванні и армуванні) і 12 для колектору;

$k_n$  – коефіцієнт перевиконання норм виробітку, 1,1;

Таким чином, тривалість будівництва складе:

1. Ствол:

$$\text{Заморожування: } T = \frac{10793}{25 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 1,1} = 1,87 \text{ міс};$$

При заморожуванні слід додати період активної роботи тривалістю 60 діб. Загальна тривалість складе 3,87 міс.

$$\text{Проходка по м'яким породам (21,9 м): } T = \frac{30068}{25 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 18 \cdot 1,1} = 2,9 \text{ міс};$$

$$\text{Проходка по міцним породам (9,3 м): } T = \frac{13882}{25 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 18 \cdot 1,1} = 1,34 \text{ міс};$$

$$\text{Армування: } T = \frac{2667}{25 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 1,1} = 0,46 \text{ міс};$$

Сумарна тривалість будівництва ствола:

$$T_c = 3,87 + 2,9 + 1,34 + 0,46 = 8,57 \text{ міс.}$$

2. Монтаж прохідницького щиту складе 0,5 міс.

3. Тривалість проходки колектору визначається трудомісткістю роботи щитового комплексу, і відповідно витратами маш-год. Трудомісткість виконання допоміжних робіт робітниками можна не враховувати, тому що завдяки розосередженню захваток за довжиною тунелю кількість робітників може бути дещо більшою ніж передбачені 12 робітників, які обслуговують щит:

$$T_k = \frac{32021}{25 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 1,1} = 55,5 \text{ мес};$$

При цьому швидкість проходки складе 200 м/міс при максимальній – до 300 м/міс.

Сумарна тривалість будівництва з урахуванням підготовчого періоду (10 %) и заключних операцій (5 %) складе:

$$\Sigma T = (T_k + T_m + T_c) \cdot 1,15 = (8,57 + 0,5 + 55,5) \cdot 1,15 = 74,26 \text{ міс.}$$

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

#### 4.3. Розрахунок можливого економічного ефекту.

Тунелепрохідницький щит, КТ-1-5/6 є машиною вітчизняного виробництва. Вартість комплексу складає 173,765 млн. грн. (за даними Ясинуватського заводу).

Ціна купівлі прохідницького щиту «LOVAT», яке передбачено проектом Київцівілпроект, складає 379,5 млн. грн. З досвіду використання таких щитів відомо, що на вторинному ринку такий комплекс можна придбати за ціною 133,333 млн. грн. Загальна вартість щита «LOVAT» з можливим наступним перепродажем складе 246,167 млн. грн.

Питома вартість погонного метру при використанні кожного з щитів для умов каналізаційного проекту складе:

$$\text{Для КТ 1-5/6: } C = \frac{173765000}{11100} = 15654 \text{ грн.}$$

$$\text{Для «Lovat»: } C = \frac{246167000}{11100} = 22177 \text{ грн.}$$

Таким чином, економічний ефект, який досягається за рахунок використання вітчизняного обладнання, складе:

$$E = 22177 - 15654 = 6523 \text{ грн/м.п.}$$

Економічний ефект на весь колектор – 72,405 млн. грн.

#### 4.4. Підсумкові техніко-економічні параметри будівництва.

№ п\п	Показники	Од. вим.	Назва виробки	
			Ствол	Колектор
1.	Договірна ціна	тис. грн	220 168,5	
2.	Кошторисна вартість будівництва,	тис. грн	13 450	132 722
	в т.ч.			
	- прямі витрати		10 364	80 336
	- заробітна плата		4 750	63 496
3.	Кошторисна вартість	тис.	120,4	2 572,5

БГГМ ПД18.01.В.ПЗ

Арк.

		люд-год		
4.	Тривалість будівництва	міс	8,57	55,5
5.	Швидкість спорудження	м/міс	3,57	200
6.	Вартість спорудження	тис. грн/м	431,1	11,956
7.	Продуктивність	м/люд- зм	0,003	0,222
8.	Явочний склад прохідницької ланки	люд	10...18	12

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. G. Girnaу. Waterproofing linings of shield – driven tunnels. – Advances in Tunnelling Tehnology I Subsurfase Use – 1984 – v.4 – No.4 – p.163 – 171. H. Baldauf, U. Timm – Betonkonstruktionen im Tiefbau – Berlin – Ernst I Sohn – 1988 – 475S.
2. Tunnelling and Underground Space Tehnology – 1992 – v.7 – No.1 – p.44-49.
3. Тоннельные конструкции / обзорная информация, под редакцией Н.П.Селиванова – ВНИПИ – М. – 1990 – С.79.
4. А.Семенов. Экспериментальная сборная железобетонная обделка наружным диаметром 6 м – Метрострой – 1988 – N.3 – С.4-5.
5. Tunnels et Ouvrage Souterrains – 1991 №108 – 265-267.
6. П.Юркевич. Тоннельные обделки будущего – Подземное пространство мира – 1993 - №5-6 С.43-48.
7. N. Braumann. Tunnelaskledungen mit Stahlbetontubbingen – Bautechnik – 1992 №.1 – S.11-20.
8. P. Janssen. Tragverhalten von Tunnelausbauten mit Gelenktubbings Diss.. Univ. Techn Braunschweig – 1983 – 125 S.
10. H. Duddeck, J. Erdmann. On structural Desing Models for Tunnels in Soft Soil – Undenground Space Tehnology – 1985 –v.9 – pp.246-259.
11. Картозия Б.А., Федунец Б.И., Корчак А.В. Шахтное и подземное строительство. ТІ.-ІІ. – М.: Недра, 2001.
12. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. – М.: Недра, 1992.
13. Картозия Б.А., Борисов В.Н. Инженерные задачи механики подземных сооружений. – М.: МГГУ, 2001.

14. Насонов И.Д., Ресин В.И., Шуплик М.Н., Федюкин В.А. Технология строительства подземных сооружений. ТІ.-ІІІ. – М.: АГН, 1998.

15. Шуплик М.Н. и др. Строительство подземных сооружений. Справочное пособие. – М.: Недра, 1990.

16. Богомолов Г.М. и др. Справочник инженера-тоннельщика. – М.: Транспорт, 1993

17. Баклашов И.В., Борисов В.Н.. Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. Строительные конструкции. – М.: Недра, 1990.

18. Куликов Ю.М., Максимов А.П. Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. Технология строительства зданий и сооружений. – М.: Недра, 1991.

19. Туренский Н.Г., Ледяев А.П. Строительство тоннелей и метрополитенов. Организация, планирование, управление. – М.: Транспорт, 1992.

20. Храпов В.Г. и др. Тоннели и метрополитены. – М.: Транспорт, 1989.

21. Маренный Я.И. Тоннели с обделкой из монолитно-прессованого бетона. – М.: Транспорт, 1985.

32. Правила безпеки у вугільних шахтах (НПАОП 10.0-1.01-10). Інформаційно-аналітичний центр «ЛІГА», 2010.

33. Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення (НПАОП 0.00-1.66-13). ДП «Луганський ЕТЦ», 2013 г.