МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Вислоух Олег Сергійович

УДК 624.191.242

СПОРУДЖЕННЯ ДЕМОНТАЖНО-ЩИТОВОЇ КАМЕРИ В ІСНУЮЧОМУ СТВОЛІ

Спеціальність 184 «Гірництво»

АВТОРЕФЕРАТ
магістерської дисертації професійного спрямування
на здобуття наукового ступеня магістра

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України на кафедрі геоінженерії

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент, **Вапнічна Вікторія Вікторівна**, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри геоінженерії

Захист відбудеться «20» грудня 2021 р. о 14 годині на засіданні ДЕК кафедри геоінженерії в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 511.

Автореферат виставлено на сайті «10» грудня 2021 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

При виконанні робіт під час будівництва тунелів та метрополітенів в Україні через існуючі шахтні стволи проводиться демонтаж механізованих тунелепрохідних комплексів, які безпосередньо беруть участь в активній розбудові інфраструктури міста Києва.

Для можливості виконання демонтажних робіт найголовнішим є створення демонтажно-щитової камери, яка дасть можливість безпосередньо виконати демонтаж.

При проектуванні існують дуже багато методів виконання робіт для забезпечення безпечного проведення робіт та недопущення осідання земної поверхні, що в подальшому може призвести до руйнування будівель та споруд, які входять в зону деформацій.

Також з методом виконання робіт на пряму пов'язана можливість застосування оправи певного типу для забезпечення технологічних характеристик та економічних показників.

В процесі проектування часто дуже важко швидко визначитись з методом виконання робіт у зв'язку з їх різноманітністю та певною схожістю між собою.

Провівши аналіз проектної документації було визначено, що визначення методу виконання робіт це беззаперечно основна задача проектної організації. Тому, що це пливає на весь подальший перебіг будівельних робіт, їхню вартість та експлуатацію.

Використання комп'ютерного моделювання надасть можливість спрогнозувати перебіг сприйняття навантажень різними видами оправ та остаточно визначитись.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі геоінженерії ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського відповідно до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року N 3268-VI), а також плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ ДР 0115U005398) в якій автор брав участь.

Метою роботи є дослідження та обґрунтування вибору існуючого методу будівництва демонтажно-щитових камер та застосування правильного з точки зору технології виду кріплення обробки.

Для досягнення мети було поставлено такі **задачі**:

– проаналізувати основні способи спорудження демонтажно-щитових камер, виділити їх сильні та слабкі сторони;

– дослідити досвід виконання демонтажно-щитових камер на просторах України;

– провести аналіз геологічних та конструктивних особливостей ділянки де планується виконати роботи спорудження демонтажно-щитової камери;

– обґрунтувати найефективніший варіант виду кріплення обробки.

Об'єкт дослідження – процес сприйняття навантажень різними видами кріплення та подальші деформації, що можуть виникнути після цього.

Предмет дослідження – властивості переміщення відносно осі Z (мм) оправи демонтажно-щитової камери.

Методи досліджень. Для розв'язання поставлених задач обрано комплексний метод їх вирішення, що розглядає такі питання: аналіз та узагальнення методів спорудження демонтажно-щитових камер, вивчення досвіду їх застосування в близьких до заданих умов; дослідження переміщень по осі z при різних видах кріплення у відповідному програмному комплексі; обґрунтування способу спорудження, шляхом порівняння заданих варіантів.

Наукова новизна отриманих результатів, представлена у наукових положеннях, в яких:

- встановлено взаємозв'язок між способом виконання робіт, видом кріплення та просіданнями.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень можуть бути використані при подальшому виконанні проектних робіт, підборі методу виконання та виду кріплення в аналогічних умовах.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві: [1] – розрахунок та порівняння методу виконання робіт та визначення більш доцільного.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати досліджень доповідалися і обговорювалися: на IV науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), присвяченій 75 – річчю ІЕЕ, 17-18 листопада 2021 р. в онлайн режимі. Публікації: За результатами виконаних досліджень опублікована 1 наукова праця в збірнику матеріалів конференцій.

Структура та обсяг роботи: Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 94 сторінок з 34 рисунками, 14 таблицями, списком літературних джерел з 25 найменувань, додатків А, Б та В.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, наведено наукову новизну і практичну цінність результатів досліджень, основні положення, які виносяться на захист і спрямовані на надання вичерпної інформації для можливості її використання у подальшому при проектуванні подібних конструкцій.

Перший розділ включає аналіз нормативних документів ДСТУ, ДБН та СНіПи, розгляд існуючих методів посилювання основ, приклади застосування найбільш поширених методів та дослідження результатів виконаних робіт з виконання робіт по спорудженню демонтажно-щитової камери.

Проводилося порівняння методів спорудження демонтажно-щитових камер, а саме:

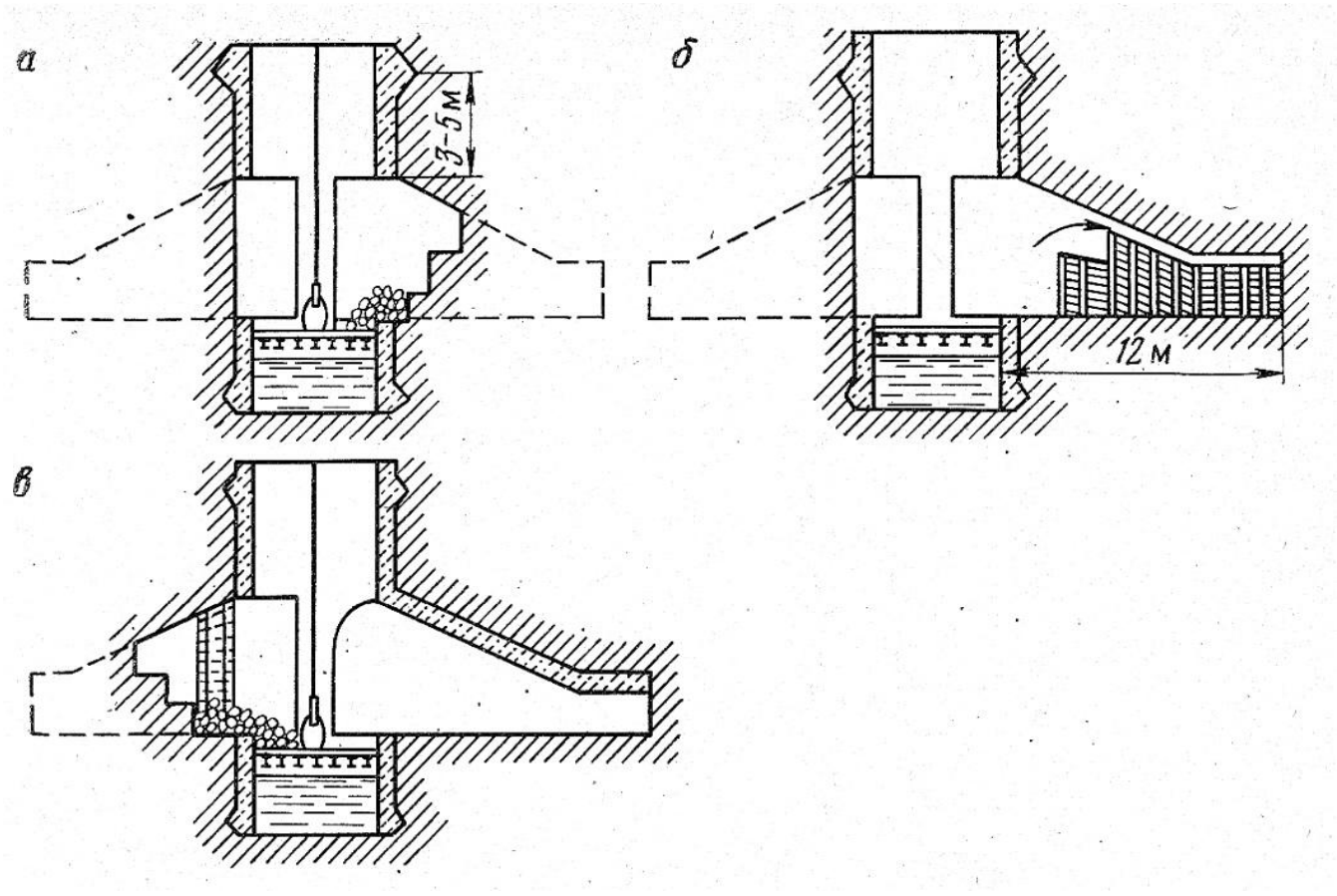

Рисунок 1 – Спорудження демонтажно-щитової камери суцільним забоєм

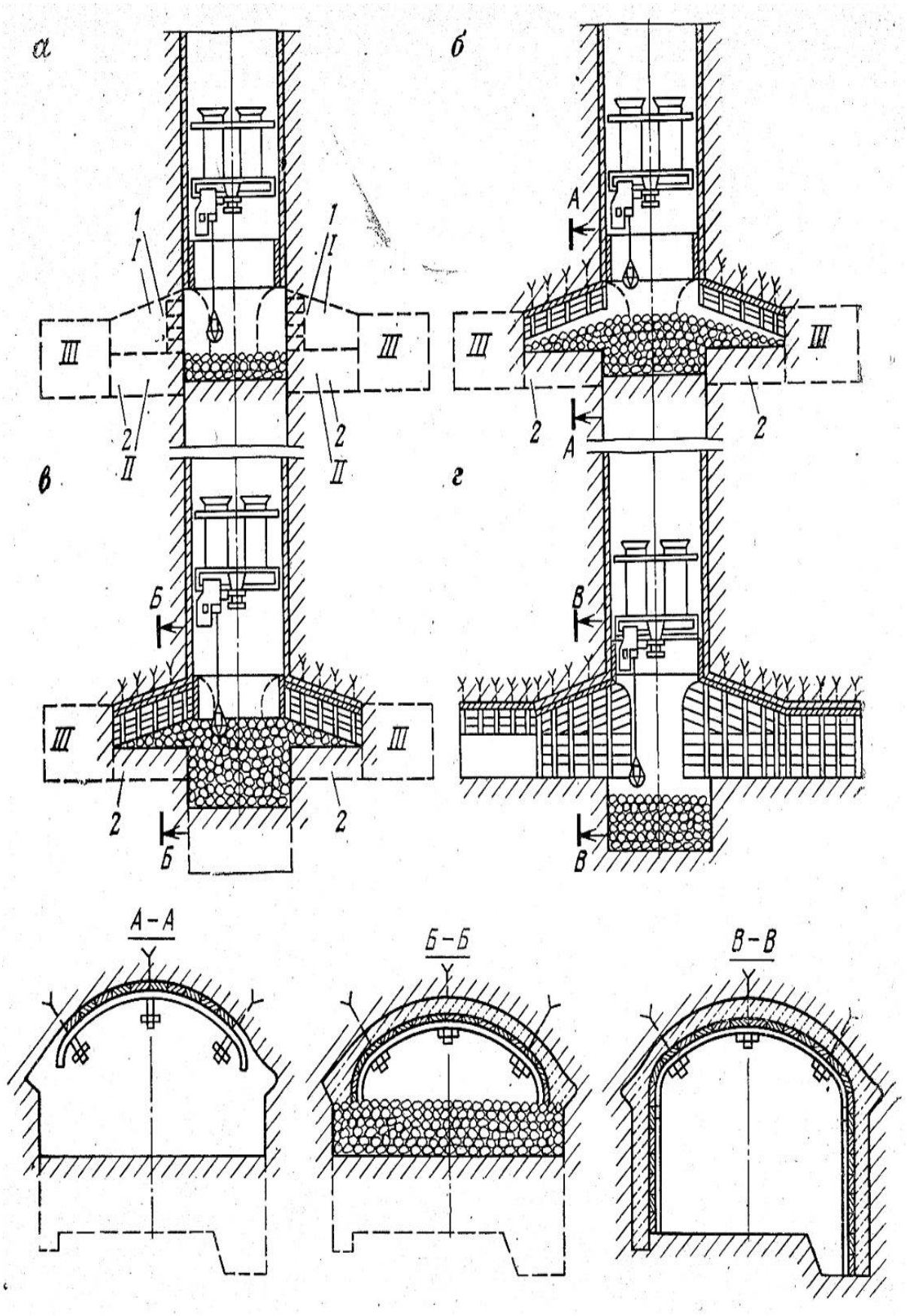

Рисунок 2 – Спорудження сполучення шарами

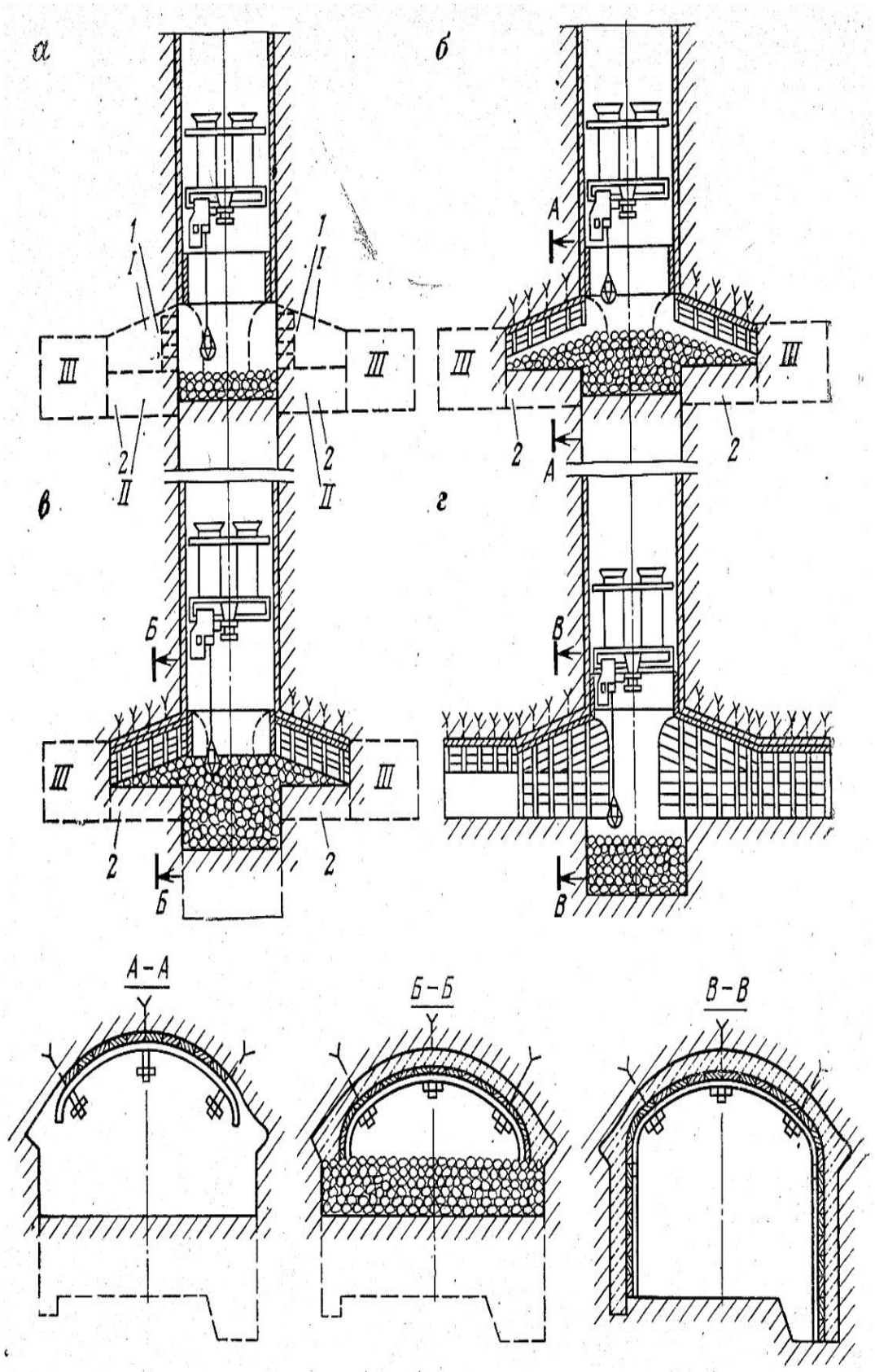

Рисунок 3 – Спорудження демонтажно-щитової камери шарами зверху вниз з акумулюванням породи в стволі

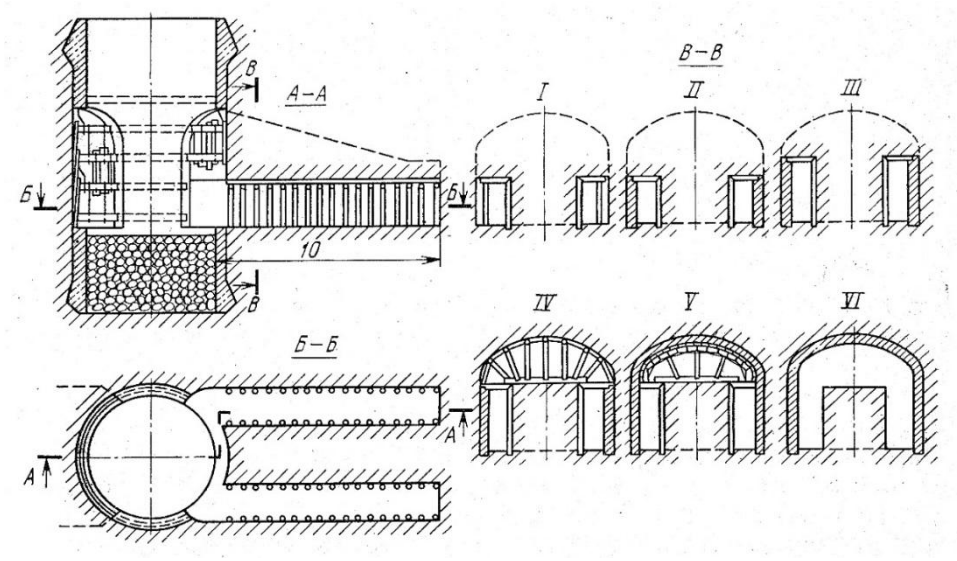

Рисунок 4 – Спорудження демонтажно-щитової камери незалежними забоями

Найбільш доцільними є спорудження демонтажно-щитової камери незалежними забоями (рис. 4), на стадії проектування та експлуатації перегінного тунелю метрополітену. Вивчаючи досвід застосування цих методів в близьких до заданих умов, можна зробити висновок, що необхідне проведення аналізу застосування методів виконання робіт з застосування монолітного та збірного кріплень оправи.

У **другому розділі** розглянуто інженерно-геологічні умови та технологічно-конструкторські рішення при проектуванні та будівництві демонтажно-щитової камери.

Перша частина розділу включає загальну характеристику об’єкту та матеріали результатів інженерно-геологічних вишукувань.

Територія району знаходиться в тектонічно складній зоні переходу від Українського Кристалічного масиву (УКМ) – на заході, до Дніпро-Донецької западини (ДДЗ) – на сході. Північно-східний схил щита, на якому знаходиться м. Київ, почав формуватися на рубежі палеозою та мезозою. В середньопермський час почалось прогинання цієї частини УКМ і територія району перетворилась на область спокійного осадконакопичення.

Демонтажна щитова камера знаходиться на глибині 50 м в інженерно-геологічному елементі - 19 (P2 kv) – Глина легка пилувата («київський мергель»), блакитно-сіра, слюдяна, карбонатна, тверда, напівтверда, місцями тугопластична.

Довжина камери від 3 до 5 м та висотою в чорні 8,560 м, що обумовлено необхідністю демонтажу щитового комплексу.

При виконанні будівельних робіт основною задачею є якісна підготовка будівельного майданчика до безпосереднього початку робіт для максимально ефективного використання території забудови та економічно ефективної роботи.

До підготовки будівельного майданчика входять наступні етапи:

I. Інженерна підготовка території

II. Внутрішньо майданчикові роботи

Для можливості виконання робіт по спорудженню сполучення необхідно провести низку підготовчих робіт та роботи основного періоду.

Швидкість виконання робіт обумовлена фактичним станом ґрунтового масиву та необхідністю його попереднього закріплення за допомогою ін'єктування.

Загальний об'єм ґрунту, який необхідно розробити 200 $м^3$ з чого можна зробити висновок, що орієнтовний термін спорудження демонтажно - щитової камери складає 1 місяць (таблиця 1).

Таблиця 1 - Швидкість виконання прохідницьких робіт

Вид підземних виробок і робіт	Одиниця виміру	Швидкість виконання робіт	
		у нескельних ґрунтах	у скельних ґрунтах
Розробка ґрунту камер і спряжень виробок (на один забій) із зведенням постійних оправ	$м^3$ ґрунту/міс	190	200

Проходка штолень виконується в металевому рамному кріпленні з дерев'яною затяжкою (дошка 50 мм) по контуру виробки та її лобової площини. Для виконання прохідницьких робіт використовуються металеві рами, які встановлюються кроком через 1 м. Кожна встановлена рама розклинюється на затяжку контуру виробки дерев'яними клинами. Все кріплення виробки повинне бути розклинене, порожнечі між кріпленням і породою повинні бути забучені.

Також перед початком виконання робіт потрібно виконати демонтаж блоків оправи існуючого ствола.

У **третьому розділі** виконується збір вихідних даних для можливості виконання розрахунку в програмних комплексах SCAD та АВК-5 та безпосереднє проведення розрахунку.

Основні дані для виконання розрахунку.

Характеристика ґрунтів в яких знаходиться демонтажно-щитова камера (таблиця 2), а саме:

1. Відмітка верху шару ґрунту.
2. Щільність ґрунту.
3. Кут внутрішнього тертя.
4. Щеплення ґрунту.
5. Товщина шару ґрунту.

Таблиця 2 – Характеристика ґрунтів

Номер	Найменування ґрунту	Відмітка верху шару	Щільність ґрунта, ρ	Кут внутрішнього тертя,φ	Щеплення ґрунту, $C_п$	Товщина шару, h
ІГЕ		м	т/м^3	град	т/м^2	м
19	Глина голубувато-сіра, мергельна, слюдяна, карбонатна, напівтверда	112,20	1,93	17	7,54	7,50
19	Глина голубувато-сіра, мергельна, слюдяна, карбонатна, напівтверда	104,70	1,93	17	7,54	7,50
19	Глина голубувато-сіра, мергельна, слюдяна, карбонатна, напівтверда	97,20	1,93	17	7,54	2,25

Для можливості оцінки та візуальної презентації майбутньої конструкції була створена 3Д модель існуючого ствола з майбутньою конструкцією, що буде споруджуватись в ньому (рис. 5).

Візуалізація існуючого стволу з майбутньою демонтажно-щитовою камерою

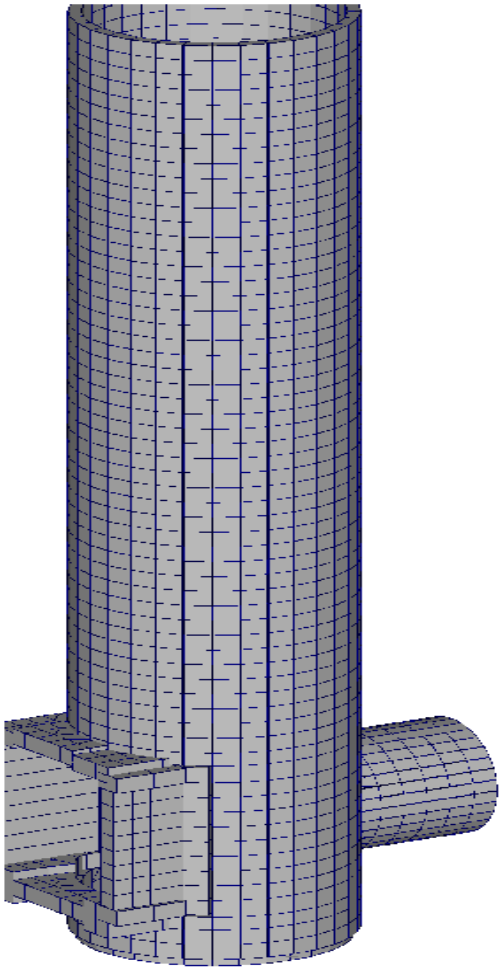

Рисунок 5 – Вид зі сторони прямокутного сполучення

Також проведено попередні розрахунок навантажень.

I. Боковий тиск ґрунту

- верх РГВ

$q = (\rho i * hi) * tg^2(45^0 - \frac{\varphi i}{2})$;

ρ – щільність ґрунту т/м^3,

h – товщина шару, м.

φ – кут внутрішнього тертя.

$q1 = (2{,}7 * 1{,}75) * tg^2(45^0 - \frac{25^0}{2})$ = 2,0 т/м^2 ,

- верх шару №3

$q2 = (2{,}7 * 1{,}75) * tg^2(45^0 - \frac{19^0}{2})$ = 2,4 т/м^2 ,

- низ шару №3

$q3 = (2{,}7 * 1{,}75 + 8{,}8 * 0{,}95) * tg^2(45^0 - \frac{19^0}{2})$ = 6,7 т/м^2 ,

$\varphi sd = \frac{(Ps-Pw)}{1+e} = \frac{(2,66-1,0)}{1+0,75} = 0,95 т/м^3$,

e – коефіцієнт пористості,

Ps – щільність часток, $т/м^3$,

Pw – щільність води, $т/м^3$.

- верх шару №11

$q4 = (2,7 * 1,75 + 8,8 * 0,95) * tg^2(45^0 - \frac{34^0}{2})$ = 3,7 т/м^2 ,

- низ шару №11

$q5 = (2,7 * 1,75 + 8,8 * 0,95 + 2,3 * 1,04) * tg^2(45^0 - \frac{34^0}{2})$ = 4,4 т/м^2;

$$\varphi sd = \frac{(Ps - Pw)}{1 + e} = \frac{(2,66 - 1,0)}{1 + 0,593} = 1,04 ,$$

- верх шару №13

$q6 = 15,477 * tg^2\left(45^0 - \frac{19^0}{2}\right) - 2 * 2,65 * tg \quad (45^0 - \frac{19^0}{2})$ = 4,1 т/м^2 - низ шару №13

$q7 = (15,477 + 4,4 * 1,91) * tg^2\left(45^0 - \frac{19^0}{2}\right) - 2 * 2,65 * tg \quad (45^0 - \frac{19^0}{2})$ = 8,4 т/м^2

- верх шару №17

$q8 = 23,881 * tg^2\left(45^0 - \frac{21^0}{2}\right) - 2 * 6,1 * tg \quad (45^0 - \frac{21^0}{2})$ = 2,9 т/м^2;

- низ шару №17

$q9 = (23,881 + 3 * 1,95) * tg^2\left(45^0 - \frac{21^0}{2}\right) - 2 * 6,1 * tg \quad (45^0 - \frac{21^0}{2})$ = 5,7 т/м^2 ,

- верх шару №15

$q10 = 29,731 * tg^2\left(45^0 - \frac{28^0}{2}\right)$= 10,7 т/м^2 ,

- низ шару №15

$q11 = (29,731 + 2,5 * 1,0) * tg^2\left(45^0 - \frac{28^0}{2}\right)$= 11,6 т/м^2;

$$\varphi sd = \frac{(Ps - Pw)}{1 + e} = \frac{(2,65 - 1,0)}{1 + 0,656} = 1,0 ,$$

- верх шару №16

$q12 = 32,231 * tg^2\left(45^0 - \frac{22^0}{2}\right)$= 14,7 т/м^2 ,

- низ шару №16

$q13 = (32,231 + 3,0 * 1,99) * tg^2\left(45^0 - \frac{22^0}{2}\right)$= 17,4 т/м^2 ,

- верх шару №18

$q14 = 38,201 * tg^2\left(45^0 - \frac{14^0}{2}\right) - 2 * 7,14 * tg \quad \left(45^0 - \frac{14^0}{2}\right)$= 12,2 т/м^2 ,

- низ шару №18

$q15 = (38{,}201 + 3{,}1 * 1{,}91) * tg^2\left(45^0 - \frac{14^0}{2}\right) - 2 * 7{,}14 * tg \quad \left(45^0 - \frac{14^0}{2}\right)$= 15,8 т/м^2

- верх шару №19

$q16 = 44{,}122 * tg^2\left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right) - 2 * 7{,}55 * tg \quad \left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right)$ = 13,0 т/м^2;

- верх конструкції

$q16 = (45{,}067 + 5{,}97 * 1{,}93) * tg^2\left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right) - 2 * 7{,}55 * tg \quad \left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right)$= 20,9 т/м^2 ,

- низ конструкцій

$q17 = (55{,}644 + 9{,}33 * 1{,}93) * tg^2\left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right) - 2 * 7{,}55 * tg \quad \left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right)$= 28,8 т/м^2,

- низ конструкцій ствола

$q18 = (73{,}65 + 1{,}55 * 1{,}93) * tg^2\left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right) - 2 * 7{,}55 * tg \quad \left(45^0 - \frac{17^0}{2}\right)$= 31,2 т/м^2.

II. Боковий тиск від НК-100 (h3=36,1 м)

$$\varphi_{cp} = \frac{\Sigma \varphi i * hi}{\Sigma hi}$$

$$= \frac{19 * 11{,}5 + 34 * 2{,}3 + 19 * 4{,}4 + 21 * 3{,}0 + 28 * 2{,}5 + 22 * 3 + 14 * 3{,}1 + 17 * 15{,}3}{11{,}5 + 2{,}3 + 4{,}4 + 3 + 2{,}5 + 3 + 3{,}1 + 15{,}3}$$

$$= \frac{882{,}8}{45{,}1} = 19{,}6^0 \approx 20\ ^0$$

III. Вертикальний тиск ґрунту на плиту покриття

p=Σh*p=2,7*1,75+8,8*0,95+2,3*1,04+4,4*1,91+3*1,95+2,5*1,0+3*1,99+3,1*1,91+5,97*1,93 = 56,6 т/м^2.

IV. Вертикальний гідростатичний тиск

pw = 8,8*1,0+2,3*1,0+2,5*1,0 = 13,6 т/м^2 * 1,1 = 15,0 т/м^2.

Результати комп’ютерного моделювання

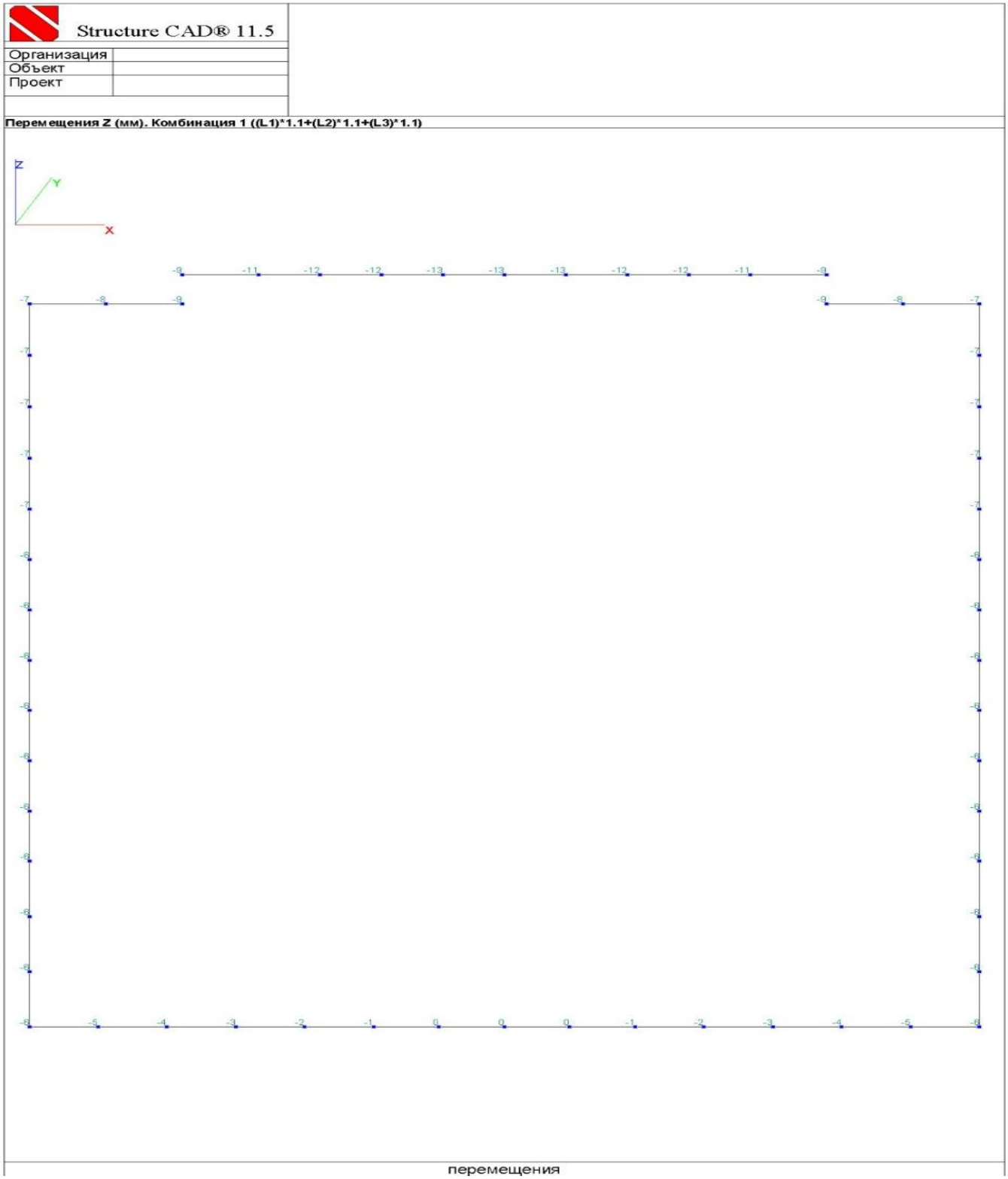

Рисунок 6 – Переміщення відносно осі Z (мм)

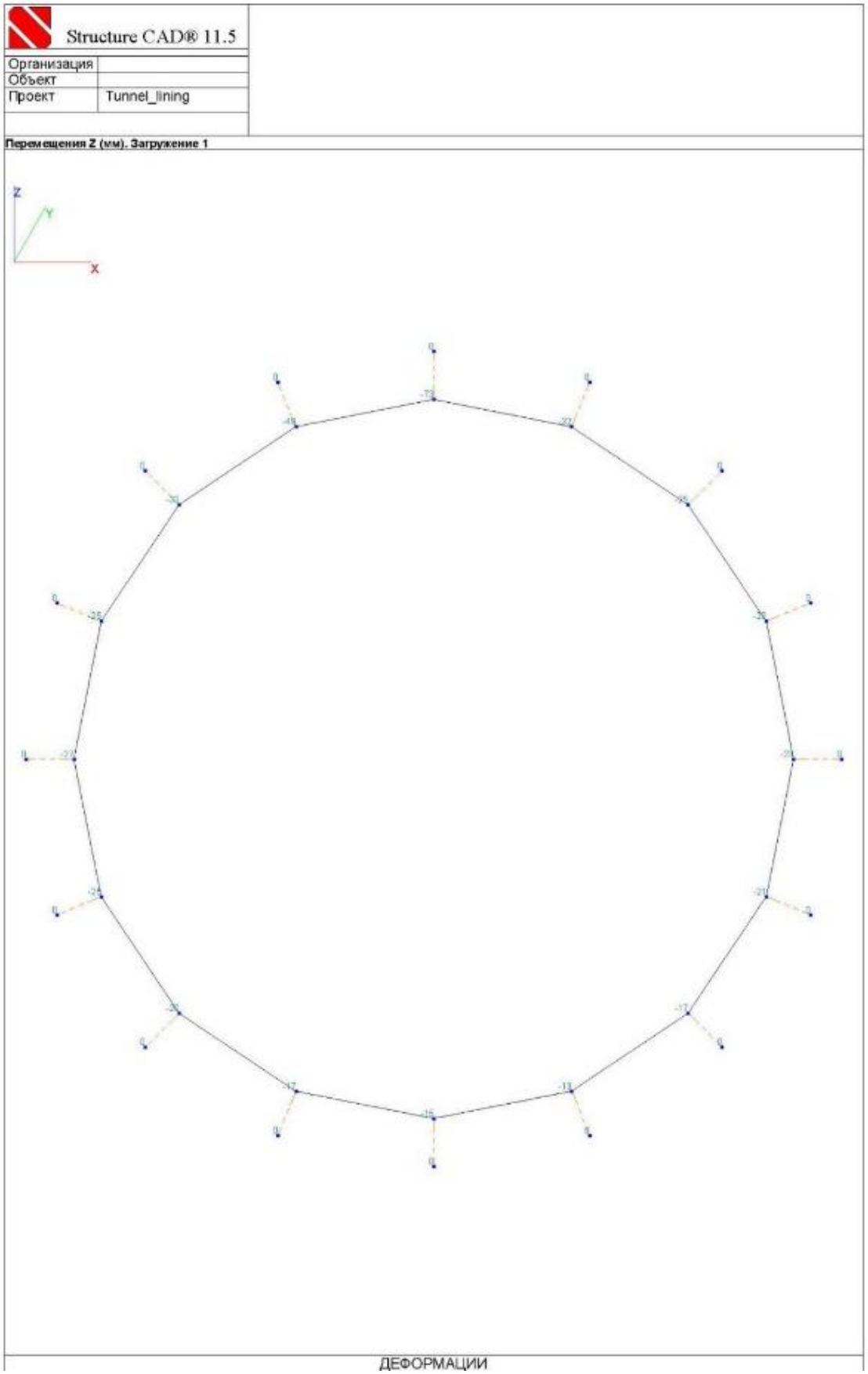

Рисунок 7 – Переміщення відносно осі Z (мм)

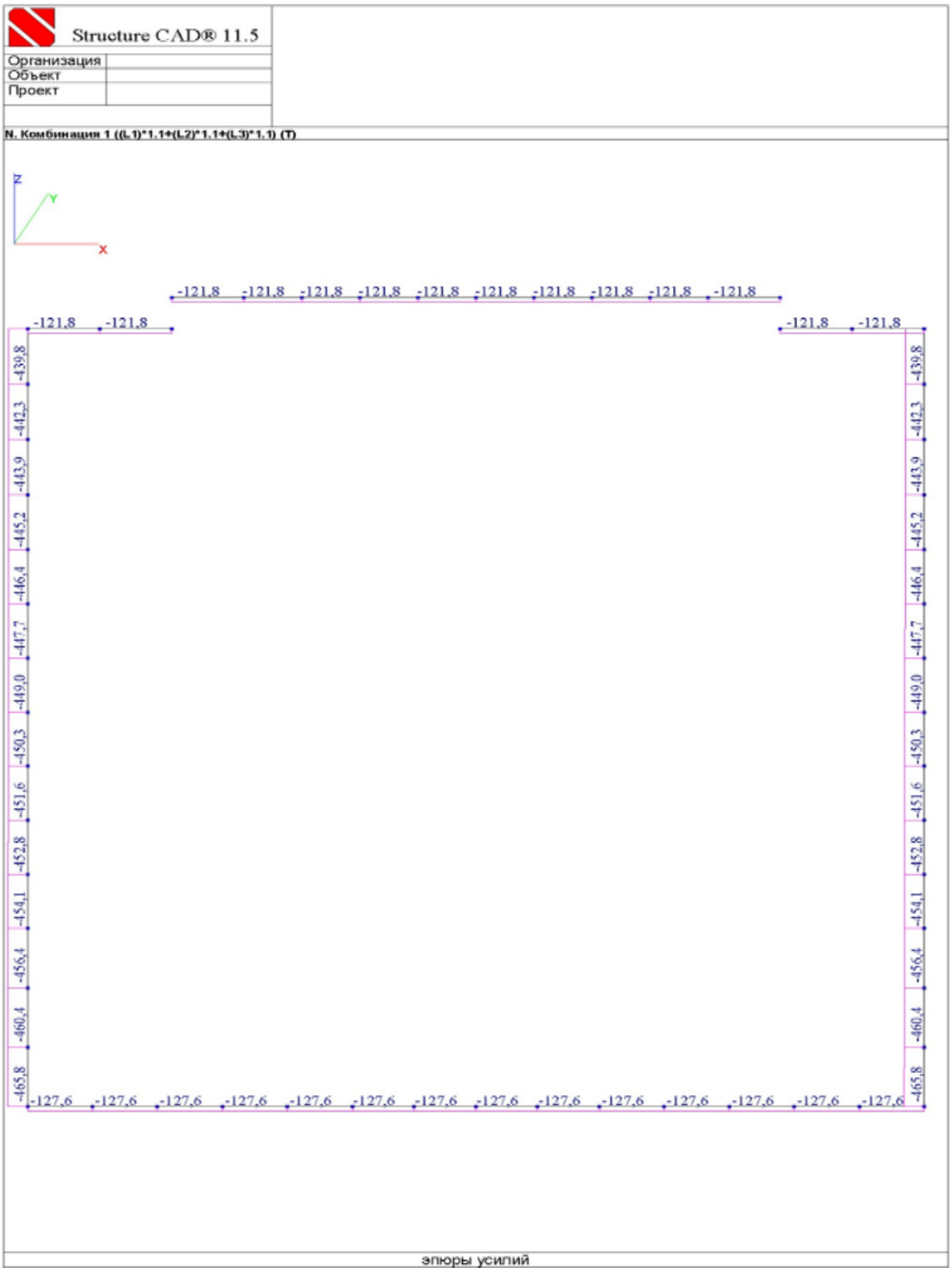

Рисунок 8 – Епюри повздовжніх сил N (т)

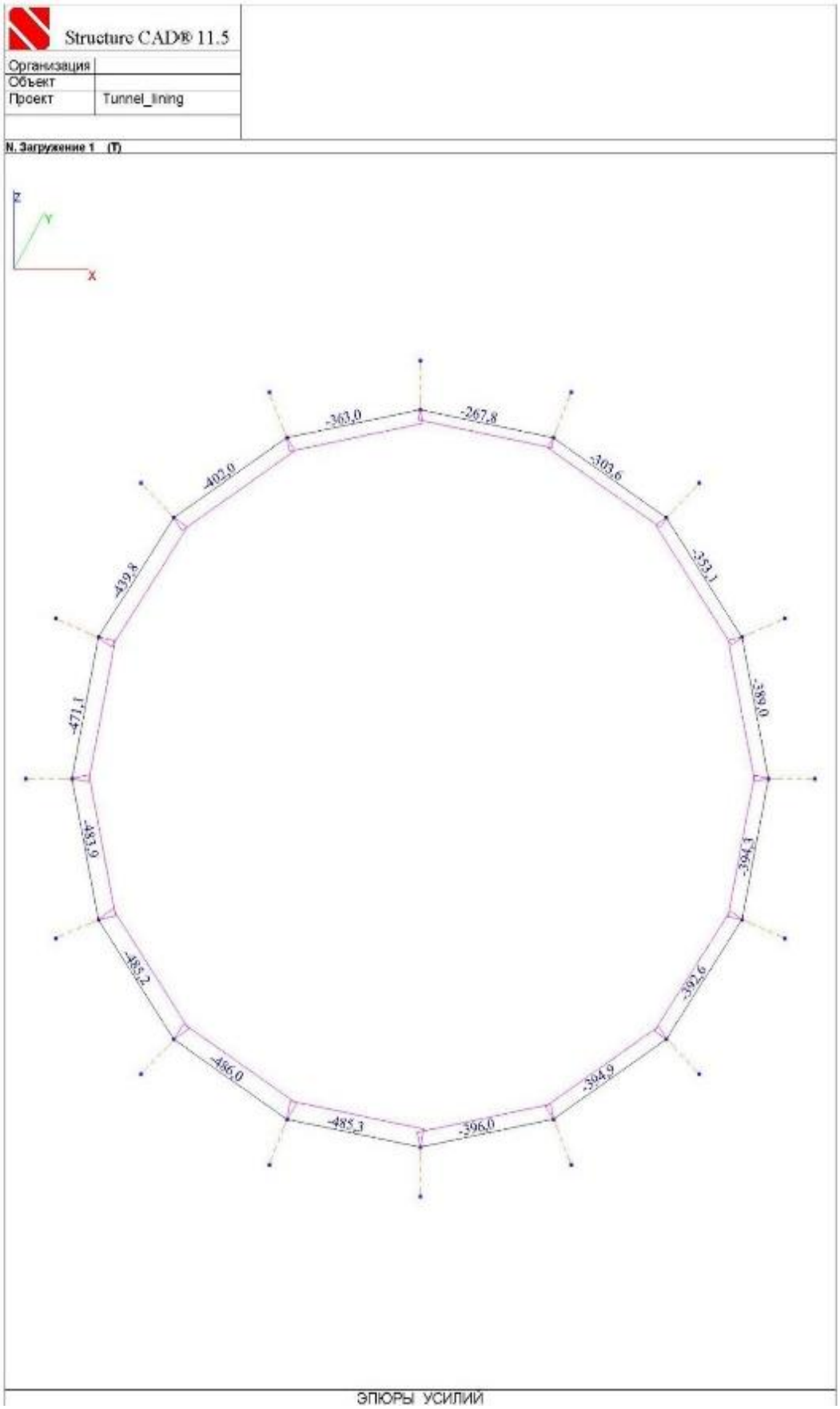

Рисунок 9 – Епюри повздовжніх сил N (т)

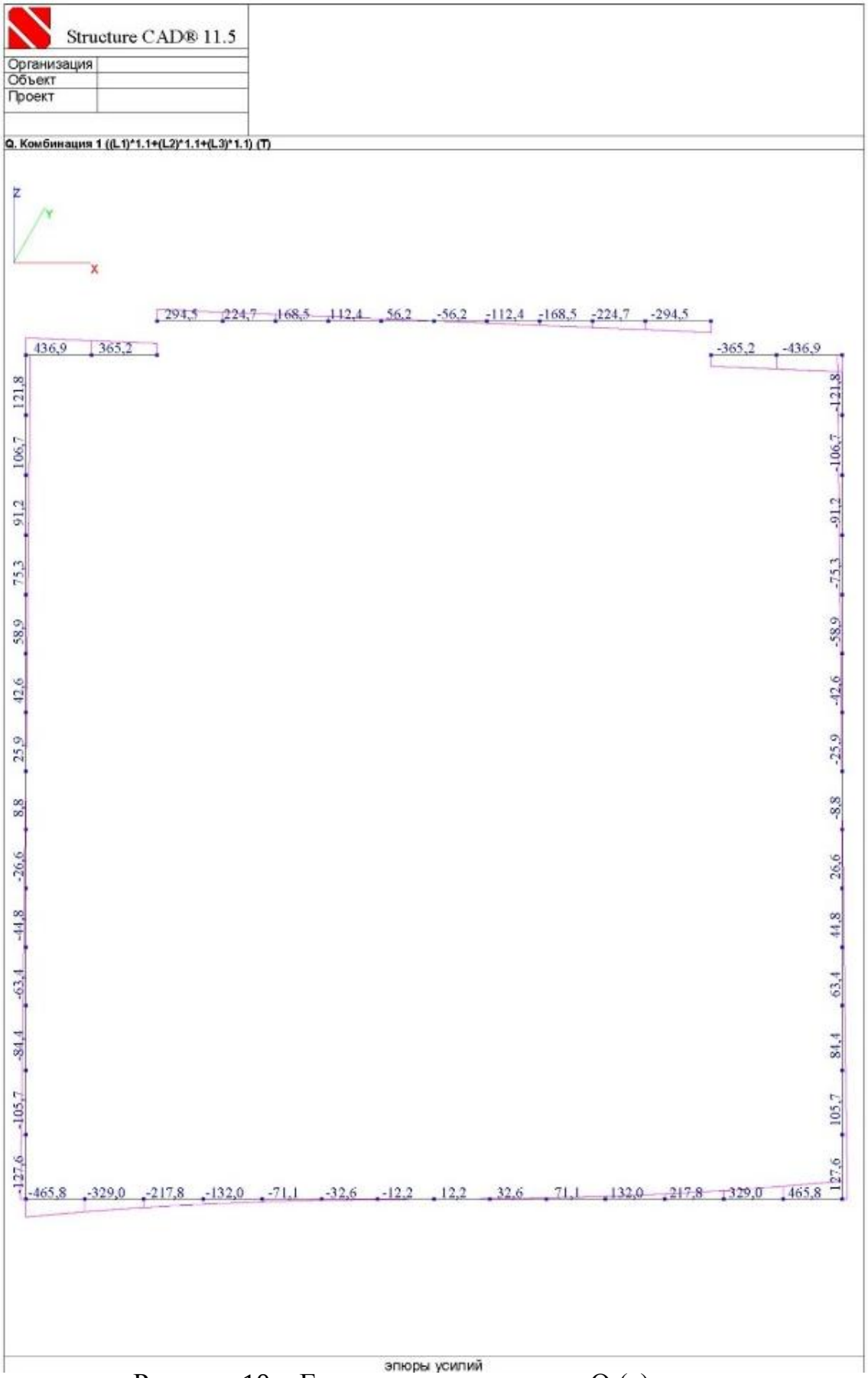

Рисунок 10 – Епюри поперечних сил Q (т)

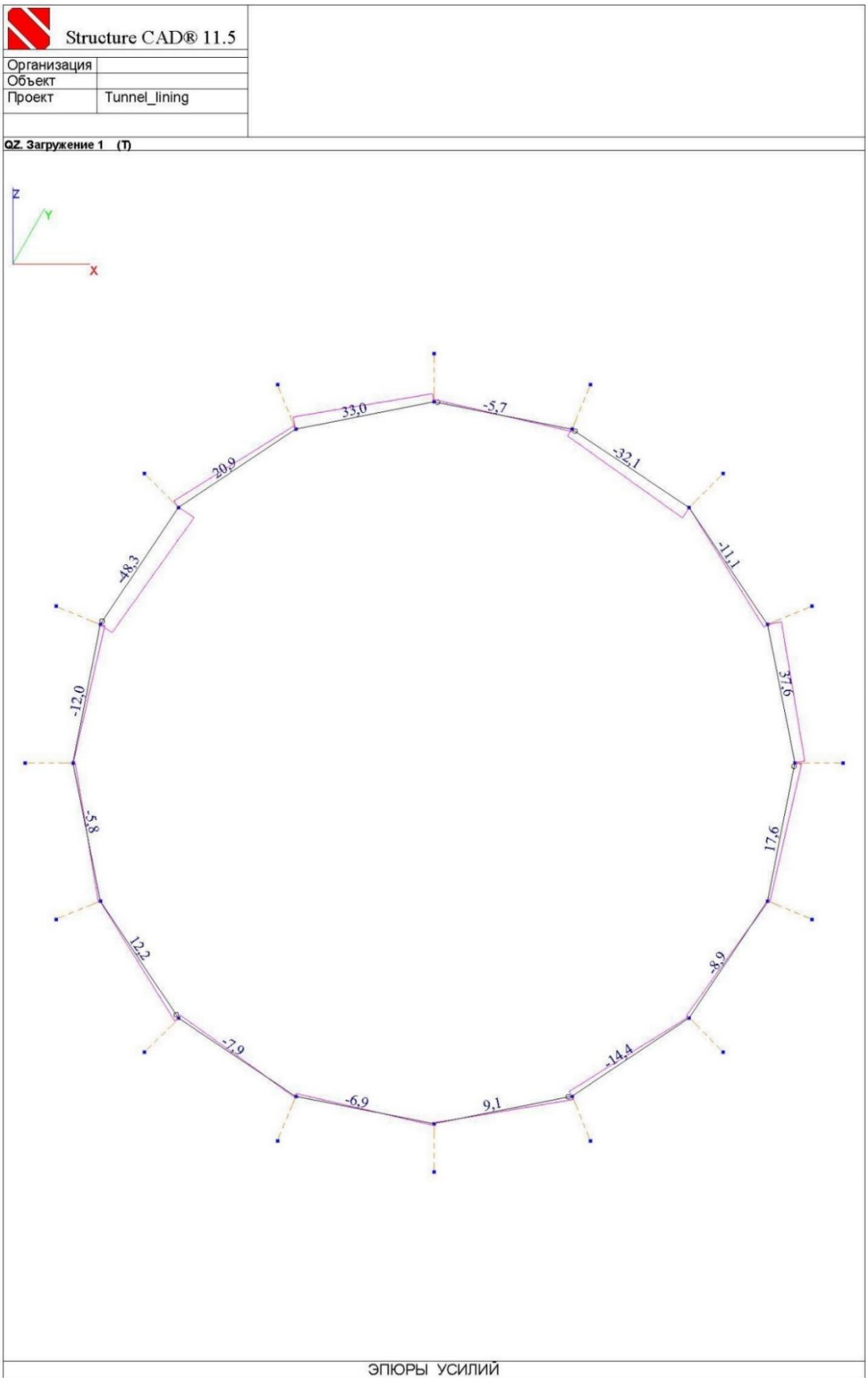

Рисунок 11 – Епюри поперечних сил Q (т)

Було проведено збір навантажень та розрахунки в програмному комплексі SCAD методом кінцево-елементного моделювання, що дає можливість реально оцінити сприйняття навантажень та вплив на конструкції.

Основним критерієм розрахунку є фізико-геологічні властивості ґрунтів в яких буде знаходитись конструкція. Рівень ґрунтових вод знаходиться вище верхньої відмітки склепіння майбутньої конструкції.

Розрахунки проводились при умовах, що в залізобетонній конструкції буде застосована арматура класу А500С та бетон В30.

У **четвертому розділі** розроблено стартап по застосуванню передової технології SPT для покращення фізико-механічних характеристик ґрунтового масиву (рис. 12.). Дана технологія необхідна для покращення загального стану ґрунтового масиву, що дозволяє зменшити витрати арматури та бетону в споруді яка проектується, зменшити гірничий тиск та покращити закріплення ґрунтового масиву.

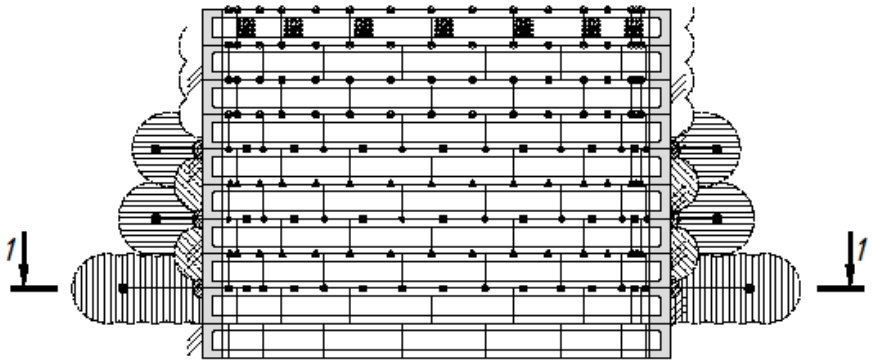

Рисунок 12 – Місце застосування технології STP

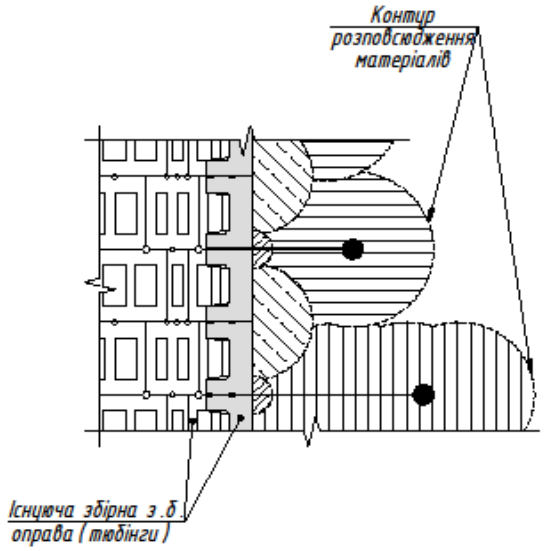

Рисунок 13 – Контур розповсюдження матеріалу

Полімерний матеріал, що нагнітається (при застосуванні технології SPT) за рахунок просочення в можливі мікротріщини за наступним розривом шарів при нагнітанні та лінійному розширенні при твердінні, відбувається ущільнення прилеглого до оправи ґрунту з витісненням залишків води в верхні шари водонасичених ґрунтів. Крім того, створений таким чином тип захисту дозволяє убезпечити від проблеми розтікання незв'язних піщаних зволожених ґрунтів навколо оправи стволу, що знаходиться вище конструкції ножового кільця, в зонах поетапного розкриття отворів оправи стволу та над щелиної виробки при спорудженні демонтажно-щитової камери (рис. 13).

Висновки

Дана магістерська дисертація являє собою науково-кваліфікаційну роботу, в якій на базі теоретичних даних та експериментальних досліджень розглянута актуальна науково-технічна задача по розгляду та аналізу технологічних аспектів при споруджені демонтажно-щитової камери в існуючому стволі.

Було проаналізовано, як методи будівництва, так і конструкції обробок майбутньої виробки, які забезпечують достатню міцність та стійкість споруди від деформацій, що виникають від розрахункових навантажень.

За результатами комп'ютерного моделювання, порівнявши два типи обробок: збірну та монолітну залізобетонну, можна зробити висновок, що в даних геологічних умовах більш доцільним є застосування монолітної залізобетонної обробки, тому що найбільша вертикальна деформація по осі Z якої складає всього на -13 мм, збірна ж залізобетонна обробка була здеформована на - 73 мм, що майже в 6 разів більше. Контрольною точною була вибрана зона найбільшого напруження в склепінні майбутньої конструкції (рисунок 6 та 7).

Згідно з епюрами моментів в верхній точці склепіння при використанні збірного залізобетону він складає - 30.9 (Т*м), а в монолітному 456 (Т*м), що пов'язано безпосередньо з формою готової конструкції та відповідно сприйняттям моменту.

Максимальні повздовжні та поперечні сили в склепінні відповідно мають величини: при збірному залізобетоні N = - 363,0 (т) Q = 35 (т) (рисунок 9,11), а в монолітному залізобетоні N = - 121,8 (т) Q = 56,2 (т) (рисунок 8,10), з чого можна зробити висновок, що монолітний залізобетон краще сприймає повздовжні сили ніж збірний.

Провівши кошторисний розрахунок збірного та монолітної залізобетонної оправи було складено два кошториси на виконання робіт та проведений аналіз вартості будівельних робіт. В результаті аналізу виявилось, що застосуванням збірної оправи дорожче – 126, 437 тис. грн. і економічно доцільніше використовувати монолітний залізобетон.

Також розглянуто метод закріплення ґрунтового масиву технологією SPT, при застосуванню якої в тандемі з методом незалежних забоїв дозволяє значно зменшити навантаження на кріплення виробки та уникнути ризиків, що можуть виникнути у разі використання методу розкриття виробки на повний переріз. А саме, критичного збільшення навантаження на кріплення виробки, що може призвести до її деформацій та руйнування.

Використання комп'ютерного моделювання надало можливість спрогнозувати ефект від навантаження на кріплення виробки та вибрати найперспективніший метод будівництва.

При розробці стартап-проекту були проаналізовані всі ризики та переваги від впровадження економічно вигідної технології.

Основні положення і результати магістерської дисертації опубліковані у роботі:

1. Вислоух О.С. Технологічні аспекти при споруджені демонтажно-щитової камери в існуючому стволі // О.С. Вислоух, В.В. Вапнічна / IV науково-технічна конференція магістрантів IEE (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), присвячена 75 – річчю IEE, 17-18 листопада 2021 р. в онлайн режимі.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві: [1] – розрахунок та порівняння методу виконання робіт та визначення більш доцільного для застосування в даному випадку.

Анотація

Вислоух О. С. Спорудження демонтажно-щитової камери в існуючому стволі.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ 2021.

Магістерська дисертація присвячена актуальній темі вибору найбільш доцільного методу виконання робіт та кріплення виробки при спорудженні демонтажно-щитової камери.

В роботі експериментально на основі комп'ютерно-математичного моделювання встановлено залежність між типами кріплення виробки та деформаціями по осі Z (мм). Прораховано більш доцільний з економічної точки зору метод виконання робіт.

Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 94 сторінок з 34 рисунками, 14 таблицями, списком літературних джерел з 25 найменувань, додатків А, Б та В.

Ключові слова: спорудження, демонтажно-щитова камера, тунель, методи спорудження, ґрунтовий масив, тунелепрохідницький комплекс.

Summary

Vysloukh O.S. Construction of dismantling-panel chamber in the existing trunk.

The dissertation on competition of a scientific degree of the master on a specialty 184 Mining. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kyiv 2021.

The master's dissertation is devoted to the topical topic of choosing the most appropriate method of work and fastening workmanship in the construction of the dismantling panel.

The dependence between the types of fastening of workings and deformations on the Z axis (mm) was established experimentally on the basis of computer-mathematical modeling. The method of performance of works more expedient from the economic point of view is calculated.

The work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions and a list of sources used. The total volume of the dissertation is 94 pages with 34 figures, 14 tables, a list of references of 25 titles, appendices A, B and B.

Key words: construction, dismantling-panel chamber, tunnel, construction methods, soil massif, tunneling complex.

Вислоух Олег Сергійович

СПОРУДЖЕННЯ ДЕМОНТАЖНО-ЩИТОВОЇ КАМЕРИ В ІСНУЮЧОМУ СТВОЛІ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Спеціалізація «Геотехнічне і міське підземне будівництво»

Автореферат

магістерської дисертації професійного спрямування

на здобуття наукового ступеня магістра