

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 121 с., 20 мал., 9 табл., 42 джерела.

Об'єкт розробки: земна поверхня та міська забудова в зоні ймовірного впливу будівництва підземних споруд Дніпровського метрополітену.

Мета дипломного проекту: обґрунтування проекту маркшейдерсько-геодезичної станції для спостереження за зрушеннями та деформаціями земної поверхні та прилеглої забудови.

Перший розділ присвячено загальному огляду об'єкту та умов будівництва.

Другий розділ присвячений геологічній характеристиці умов будівництва.

Третій розділ містить опис технології будівництва підземних споруд.

Четвертий розділ містить інформацію щодо охорони праці та навколишнього середовища при будівництві.

П'ятий розділ проекту присвячено основним маркшейдерсько-геодезичним роботам по забезпеченню будівництва метрополітену.

Профільююче питання присвячене маркшейдерсько-геодезичним спостереженням за зрушеннями при будівництві підземних споруд в умовах міста. Обґрунтовано проект спостережної станції і з врахуванням нормативними вимог до розташування реперів та точності вимірювань.

Результати виконаних досліджень мають практичне значення та можуть бути використані при розробці проекту станції для спостережень за зрушеннями та деформаціями земної поверхні та забудови.

					<i>МС.ПД.19.04.Р.ПЗ</i>				
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				1	1		
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>			Реферат 184 Гірництво 184м-18-2				
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>							
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>							

## ЗМІСТ

Вступ .....	8
1 Загальні відомості про об'єкт будівництва .....	10
2 Інженерно-геологічні умови будівництва .....	12
2.1 Мета інженерно-геологічних вишукувань .....	12
2.2 Геологічна та тектонічна будова району вишукувань .....	13
2.3 Гідрогеологічні умови .....	16
2.4 Фізико-механічні властивості ґрунтів .....	17
2.5 Інженерно-геологічні процеси та явища .....	20
3 Технологія будівництва підземних споруд метрополітену .....	22
3.1 Загальний огляд комплексу споруд метрополітену .....	22
3.2 Будівництво вертикальних стволів .....	23
3.3 Спорудження похилих (ескалаторних) тунелів .....	26
3.4 Зведення станцій .....	28
3.5 Спорудження перегінних тунелів .....	31
4 Охорона праці та навколишнього середовища .....	38
4.1 Аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних виробничих факторів .....	38
4.1.1 Шкідливі виробничі фактори .....	38
4.1.2 Небезпечні виробничі фактори .....	39
4.2 Інженерні заходи з охорони праці .....	40
4.2.1 Заходи виробничої санітарії .....	40

					<i>МС.ПД.19.04.3.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				1	4
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>			Зміст 184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>					

	5
4.2.2 Заходи техніки безпеки .....	41
4.2.3 Заходи пожежної безпеки .....	44
4.2.4 План ліквідації аварії (ПЛА) .....	46
4.3 Прогнозований вплив проектних робіт на довкілля .....	49
4.4 Заходи по охороні навколишнього середовища .....	49
5 Загальні питання маркшейдерсько-геодезичного забезпечення будівництва метрополітену.....	52
5.1 Опорна геодезична мережа на земній поверхні .....	52
5.1.1 Нормативне забезпечення та склад розбивочної основи.....	52
5.1.2 Тунельна триангуляція.....	53
5.1.3 Основна полігонометрія.....	56
5.1.4 Висотна мережа на земній поверхні .....	59
5.2 Розмічувальні роботи на земній поверхні .....	60
5.3 Орієнтування підземних споруд та передача висотної відмітки .....	63
5.3.1 Підхідна полігонометрія .....	63
5.3.2 Геометричні методи орієнтування .....	64
5.3.3 Гіроскопічне орієнтування.....	65
5.3.4 Передача висотної відмітки до гірничих виробок.....	66
5.4 Підземні полігонометрична та висотна мережі.....	67
5.4.1 Підземна полігонометрія .....	67
5.4.2 Підземна висотна мережа .....	68
5.5 Виконавча маркшейдерсько-геодезична документація .....	69
6 Спостереження за деформаціями земної поверхні при будівництві підземних споруд метрополітену.....	70

	6
6.1 Нормативне обґрунтування .....	70
6.2 Основні поняття та терміни .....	72
6.2.1 Загальні маркшейдерські та геодезичні терміни .....	72
6.2.2 Поняття та терміни щодо зрушень та деформацій.....	73
6.2.3 Визначення моніторингу та його різновиди .....	74
6.2.4 Інженерні та інженерно-геологічні терміни .....	75
6.3 Геологічне середовище та техногенні умови будівництва.....	76
6.3.1 Геологічне середовище будівництва .....	76
6.3.2 Вплив гірничих робіт на ґрунтовий масив та земну поверхню .....	77
6.3.3 Техногенні умови будівництва та виконання маркшейдерських спостережень.....	81
6.4 Склад і вимоги до оформлення проекту спостережної станції та послідовність його розробки .....	82
6.4.1 Склад і вимоги до оформлення проекту спостережної станції.....	82
6.4.2 Етапи створення проекту спостережної станції .....	82
6.5 Визначення технічного стану будинків та споруд та встановлення допустимих деформацій.....	83
6.5.1 Категорії технічного стан будинків .....	83
6.5.2 Допустимі деформації будинків залежно від технічного стану .....	86
6.6 Вибір методів спостережень та інструментів .....	88
6.7 Точності вимірювань .....	90
6.7.1 Нормативні вимоги до точності вимірювань.....	90
6.6.2 Основні розрахункові формули для попереднього визначення точності вимірювань .....	92

6.6.3 Розрахунок середньої квадратичної похибки визначення висоти реперу тригонометричним нівелюванням.....	96
6.8 Розташування станції для спостереження за деформаціями земної поверхні при будівництві перегону між станціями “Театральна” та “Центральна” .....	100
6.8.1 Ділянка робіт .....	100
6.8.2 Закладення вихідних пунктів полігонометрії та реперів.....	100
6.8.3 Закладання деформаційних реперів на будинках.....	103
6.8.4 Закладання ґрунтових реперів .....	104
6.9 Виконання спостережень та фіксація результатів.....	107
6.9.1 Геометричне нівелювання .....	107
6.9.2 Тригонометричне нівелювання .....	110
6.9.3 Переваги та недоліки різних методів нівелювання .....	114
6.9.4 Планове знімання.....	116
6.9.5 Звітність .....	116
Висновки.....	118
Перелік посилань .....	119

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			4

## ВСТУП

Діяльність гірничого інженера-маркшейдера розповсюджується на багато сфер народного господарства:

- видобуток твердих корисних копалин (підземного та відкритого типу);
- видобуток нафти та газу;
- будівництво залізничних та автодорожніх тунелів;
- будівництво гідротехнічних та комунікаційних тунелів;
- будівництво метрополітенів.

Сучасні тенденції розвитку технологій та економіки формують запити на ті чи інші види робіт, що виконують маркшейдера. Наразі найбільший вплив мають дві такі тенденції:

1. Перехід на альтернативні види енергії, що тягне за собою, перш за все, зменшення видобутку енергетичного вугілля, а потім, нафти та газу;
2. Урбанізацію, наслідком якої є інтенсивне освоєння підземного простору мегаполісів.

Найбільш актуальним питанням для більшості мегаполісів є розвиток транспортної системи. Так освоєння підземного простору частіше за все пов'язується з спорудженням метрополітенів та інших транспортних споруд. Деякі метрополітени досягли колосальних обсягів та продовжують розбудовуватись. Наразі, метрополітен Нью-Йорку має 36 напрямків та 472 станції, метрополітен Шанхаю має сумарну довжину ліній 660 км, а Пекіну - 608 км. Існують проекти та експериментальні зразки альтернативних транспортних систем, що можуть використовувати підземний простір. Прикладами таких систем є Гіперлуп (англ. Hyperloop) - різновид вакуумного потягу та система транспортування тунелями легкових авто презентована TheBoringCompany. Також існують інші напрями освоєння підземного простору.

					<i>МС.ПД.19.04.В.ПЗ</i>				
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				1	2		
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>			Вступ 184 Гірництво 184м-18-2				
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>							
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>							

Тут одним з найвідоміших лідерів є місто Торонто. В центрі Торонто існує 30 км пов'язаних між собою пішохідних тунелів що формують найбільший у світі підземний торговий комплекс "PATH". Надалі планується будівництво ще 26 км тунелів. Крім того керівництво міста реалізує проект перенесення інженерних комунікацій, що зазвичай розташовані на глибині до 3 м до тунелів на глибину 20 - 30 м. Наразі спосіб зведення тунелів закритий, з допомогою щитового комплексу. Таке рішення звільнює місто від багатьох проблем: для догляду та ремонту комунікацій не потрібно виконувати земляні роботи, перекривати рух, то що, верхні шари ґрунту залишаються вільними для забудови.

Так чи інше, всі види підземного будівництва пов'язані зі зміною напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, та можуть бути причиною зрушень і деформацій земної поверхні, будинків та споруд. Так виникає науково-технічна проблема захисту будинків та споруд від шкідливого впливу будівництва підземних споруд різного призначення. Ця науково-технічна проблема об'єднує в собі декілька питань, одним із яких є контроль фактичних величин зрушень і деформацій та недопущення перевищення їх допустимих значень.

					<i>МС.ДП.19.04.В.ПЗ</i>	2
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ БУДІВНИЦТВА

Дніпровський метрополітен складається з однієї лінії, Центрально-Заводської, , що була розділена на дві пускові ділянки. На першій ділянці було збудовано шість станцій. Відкрито першу ділянку 29 грудня 1995. Початковим проектом передбачалося спорудження лінії завдовжки 11,8 км із дев'ятьма станціями. Наразі довжина лінії метрополітену - 7,1 км, ширина колії - 1,524 м, довжина посадкових платформ - 102 м. Час руху в один кінець становить 14 хвилин. Інтервал руху поїздів коливається від 10 до 16 хвилин, у години «пік» — від 4 до 7 хвилин.

Наразі відбувається будівництво другої пускової ділянки. Замовником будівництва є Комунальне підприємство “Дніпровський Метрополітен” Дніпровської міської ради. Підрядник - представництво турецької компанії “LİMAK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET A.Ş.” Компанія інженер, що також виконує функції технічного нагляду за будівництвом - представництво “ILF ConsultingEngineersPolskaSp. z o.o”. Генеральним проектувальником зазначено товариство з обмеженою відповідальністю “Метротунельпроект” м. Київ. Проект має назву: “Коригування проекту “Будівництво першої черги метрополітену в м.Дніпропетровську””.

Друга пускова ділянка стане продовження першої черги будівництва, та поєднає залізничний вокзал та історичний музей. За проектом тунелі, станції та інші споруди розташовані безпосередньо в межах проспекту Дмитра Яворницького.

Експлуатаційна довжина другої пускової ділянки складає по правому перегінному тунелю 4,231 км, будівельна довжина 4,331 км. Експлуатаційна довжина пускової ділянки складає по лівому перегінному тунелю 3,990 км,

					<i>МС.ПД.19.04.1.ПЗ</i>		
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				1	2
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>			1 Загальні відомості про об'єкт будівництва 184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>					



будівельна довжина 4,035 км. Загальна експлуатаційна довжина - 8,221 км, та складається з ланок, різних стадій будівельної готовності, включаючих стволи, перегінні та похилі тунелі, станції “Театральна”, “Центральна”, “Історичний музей” зі зворотно-відстійними тупиками та пунктом технічного обслуговування.

Проектне кріплення перегінних тунелів - монолітний залізобетон п’яти-центрового коробового контуру. Спосіб будівництва тунелів - “Новоавстрійський тунельний метод” (НАТМ). Глибина закладення тунелів від 40 до 70 м. Кріплення станцій з монолітного залізобетону на два та три склепіння. На початок робіт за контрактом вже були збудовані стволи №11, №12, №14 та №16. Для забезпечення потреб будівництва та обслуговування II пускової ділянки додатково будуються стволи №1, №13, №15біс, №16біс. Глибина стволів від 53 до 75 м.

					<i>МС.ДП.19.04.1.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			2

## 2 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВНИЦТВА

### 2.1 Мета інженерно-геологічних вишукувань

Перед початком проектних робіт було виконано інженерно-геологічні вишукування, а саме дослідження: геологічної будови, гідрогеологічних умов та фізико-механічних властивостей ґрунтів, що залягають на ділянці проектованої споруди. Необхідність виконання інженерно-геологічних вишукувань була зумовлена вичерпанням нормативного строку використання звіту підготовленого у 2012 році. Так основною метою вишукувань стало уточнення інженерно-геологічних умов будівництва.

Інженерно-геологічні вишукування [33] виконувались спеціалізованою організацією, відповідно вимог нормативних документів [5, 20, 22, 23, 24]. У складі вишукувань виконувались наступні роботи:

1. Механічне буріння свердловин до проектної позначки, з поінтервальним відбором зразків з осадочним чохлам (порушена та не порушена структура (монолітів) та скельних порід (керна), а також проб води, для наступних випробувань у лабораторних умовах;
2. Стандартні випробування ґрунту на penetрацію, що виконувались у процесі буріння свердловин у осадкових породах;
3. Прессіометричні випробування ґрунтів;
4. Нагнітання води у свердловину виконувались при свердлінні по скельним породам;
5. Лабораторні дослідження осадкових ґрунтів:
  - випробування на тривісний стиск;
  - компресійне випробування лесовидних ґрунтів у природному та водонасиченому станах;

					<i>МС.ПД.19.04.2.ПЗ</i>		
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				1	10
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>			2 Інженерно-геологічні умови будівництва 184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>					

- випробування на міцність лесовидних ґрунтів у природному та водонасиченому станах;
- консистенція ґрунтів;
- вологість ґрунтів;
- щільність ґрунтів;
- гранулометричний склад ґрунтів.

6. Стандартний хімічний аналіз води;

7. Камеральна обробка отриманих результатів, збір та аналіз матеріалів (інженерно-геологічних вишукувань) виконаних на прилеглий території.

## 2.2 Геологічна та тектонічна будова району вишукувань

Геологічна будова району вишукувань важка, обумовлено геоструктурою та тектонікою.

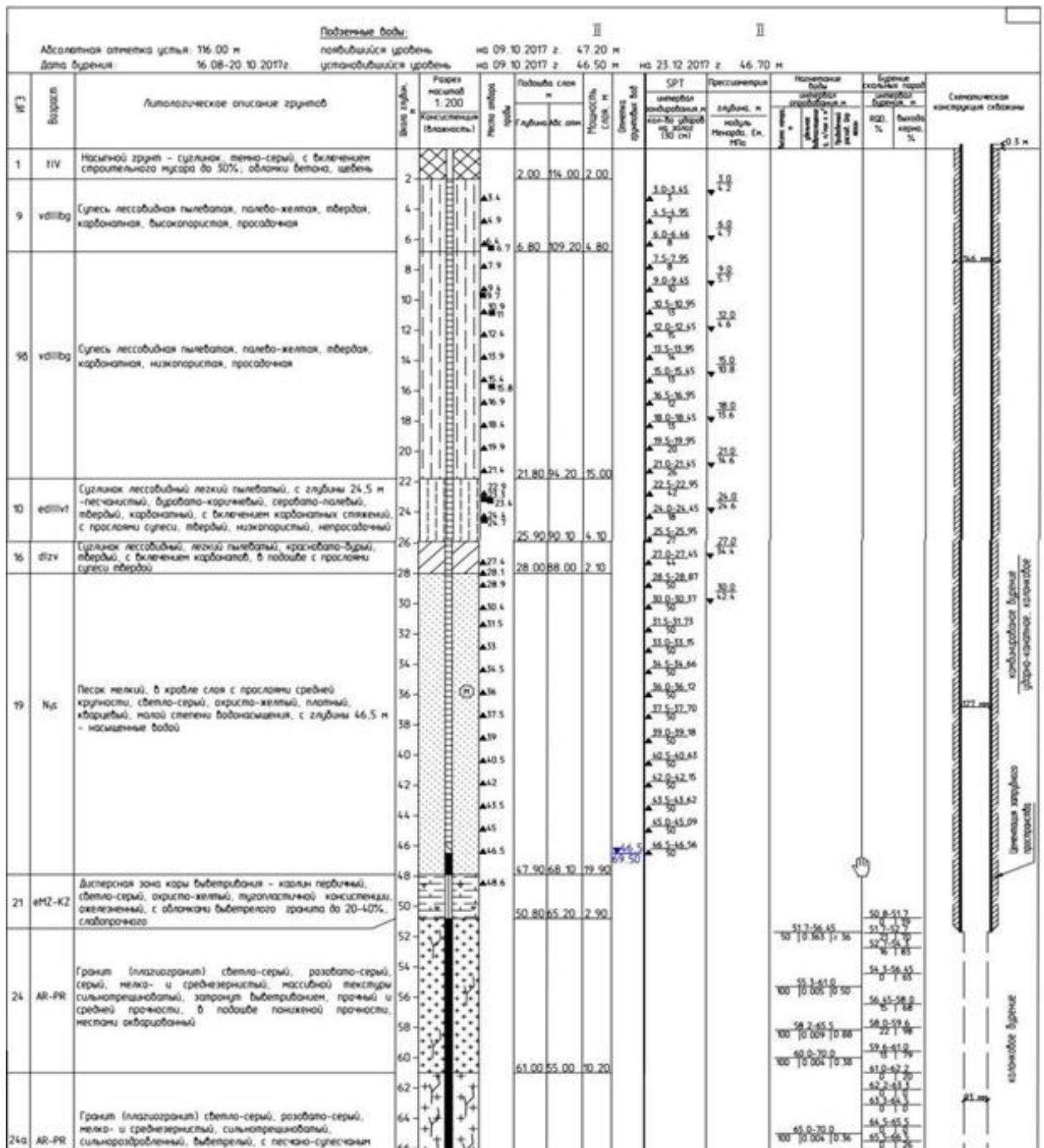
На майданчику робіт в вертикальному геологічному розрізі виокремлюють два структурних поверхи. Нижній - жорсткий (архей-протерозойський AR-PR докембрійський) магматичними та метоморфічними скальними породами; верхній - складений кайнозойськими осадовими утвореннями та корою вивітрювання докембрійських кристалічних утворень, сформоване в мезозой - кайнозойський період (MZ-KZ) наведено на мал.2.1.

Покрівля скельних порід нерівна, розкрита на глибині 50,8 метрів (абс. поз. 65,20 метрів). На розвідувальну свердловину породи представлені: гранітами (плагіогранітами) світло-сірими, сірими, рожево-сірими, середньозернистими з прошарками дрібнозернистих, сильно тріщинуваті, до глибини 56,45 метрів слабковивітрені, з глибини 61,0 метр сильнотріщинуваті, роздроблені та сильновивітрені до стану глибового ґрунту з пісчано-супісчаними заповнювачами (імовірно межа розлому).

Архей-протерозойські граніти, на даній ділянці, перекриті елювіальною мезозой-кайнозойською корою вивітрювання. Потужність цього шару в свердловині складає - 2,9 метра. Дисперсна зона вивітрювання залягає з глибини

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			
					МС.ДП.19.04.2.ПЗ	2















## 2.5 Інженерно-геологічні процеси та явища

Серед несприятливих інженерно-геологічних процесів і явищ в межах майданчику де проводились вишукування, можна виокремити наявність у геологічній будові лесовидних ґрунтів, які мають просадочні властивості та втрату несучої здатності при надмірному замочуванні.

Інженерно-геологічні умови будівництва тунелів ускладнені наявністю великої кількості тектонічних порушень, що перетинають скельний масив. Тектонічні порушення розривного характеру супроводжуються високою тріщинуватістю та частковим заміщенням скельних ґрунтів ґрунтами осадового генезису.

За гідрологічними умовами майданчик вишукувань відноситься до третього типу за потенційним підтопленням. До глибини 46,5 ґрунти не обводнені. Рівень неогенового водоносного горизонту розкрит на глибину 46,5 метра (абс. позн. 69,5 метрів) та приурочений до дрібних пісків. Відносним водоупором слугують первинні каоліни кори вивітрювання гранітів, які залягають на глибину 47,9 метрів (абс. Позн. 68,1 метра), потужність шару - 2,9 метра. Потужність водоносного горизонту складає - 1,4 метра. Слабконапірний горизонт зони тріщинуватості архей-протерозойських гранітів (плагіогранітів) має глибину встановленого рівня 46,7 метра (абс. позн. 68,4 метра).

За даними вишукувань води у неогенових пісках відсутні. Проте, не треба виключати можливості підйому у майбутньому рівня підземних вод у процесі будівництва та експлуатації метрополітена, а також загальноміського підйому рівня підземних вод у результаті втрат з водоносних інженерних мереж и т.д.

					<i>МС.ДП.19.04.2.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			9



### 3 ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА ПІДЗЕМНИХ СПОРУД МЕТРОПОЛІТЕНУ

#### 3.1 Загальний огляд комплексу споруд метрополітену

Комплекс метрополітену складається з багатьох пов'язаних між собою споруд, основними з яких є:

- вестибюлі;
- похилі (ескалаторні) тунелі;
- станції;
- перегінні тунелі;
- вентиляційні стволи.

Вестибюлі можуть розташовуватись як на поверхні так і під землею, в такому випадку вхід до вестибюлю найчастіше розташовують у підземному переході. У вестибюлях як правило розташовані касові зали та турнікети. Також тут знаходяться різноманітні службові приміщення.

Похилі тунелі ведуть пасажирів від вестибюлю безпосередньо до станції. На станціях глибокого закладення похилі тунелі обладнуються ескалаторами.

Станції бувають мілкого та глибокого (більше 20 м) закладення. На станції знаходяться посадкові платформи, підплатформені приміщення, тощо. Розміри станції та кількість виходів при будівництві вибираються в залежності від очікуваного пасажиропотоку.

Перегінні тунелі поєднують окремі станції між собою, та формують лінії метрополітену. Перегінні тунелі обладнані колією та контактною рейкою що живить потяги. За необхідності тунелі поєднують між собою камерами з'їздів та збійками. На кінцевих станціях тунелі закінчуються розворотнимитупікимами.

Вентиляційні стволи забезпечують провітрювання споруд метрополітену. До стволів повітря попадає з поверхні через венткіоски. Подача повітря здебільше примусова, за допомогою вентиляторів, що розташовані у венткамері

					<i>МС.ПД.19.04.3.ПЗ</i>			
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			3Технологія будівництва підземних споруд метрополітену	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>					1	16
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>						





наступні роботи по проходженню ствола, станційних комплексів, перегінних тунелів будуть виконуватись із допомогою порталного крана.

Під час розробки ґрунту, якщо на шляху опиняться ґрунтові води, тоді виконується влаштування тимчасового зупфу з перфорованої металічної труби  $H = 2 - 3$  м діаметром 1 м. За допомогою занурювального насосу ґрунтові води відкачуються на поверхню у бак, проходять процес очищення та виливаються у злизову каналізацію.

Під час екскаваційних робіт виконуються роботи по спорудженню чотирьох з/б поясів з кроком 7,0 метрів по висоті, та з перетином 500x500 мм із бетону В30 ( C25/30 ), W 8.

Проходження ствола у скелястих ґрунтах. У слабких та сильнотріщинуватих скелястих породах розкривні роботи проводяться механізованим способом за допомогою екскаватора з підвісним обладнанням (гідромолот) з наступною видачею породи на поверхню порталним краном. У відповідності з проектом стіни ствола, після вироблення породи закріплюються металічною сіткою з наступним нанесенням набризкбетону спеціалізованою установкою Titan IS-29 (або аналогічною). Набризкбетон по сітці виконується захватками по висоті - 2 метри та шаром 200-250 мм. Незакріплена зона забою ствола може бути не більше 1,3 метра.

Після монтажу сітки та нанесення набризкбетону проектом передбачається монтаж з/б анкерних болтів, які виготовляються з арматури діаметром 25 мм А400С довжиною 3,0 метра. Монтаж анкерних тяг ведеться у раніше пробурені шпури діаметром 42 мм з наступною ін'єкцією цементного розчину за допомогою ін'єкційного насосу. Крок влаштування анкерних болтів по висоті 1,85 метра, у поперечному напрямку 1,92 метра.

При збільшенні міцності скельних порід, прохід ствола ведеться за допомогою буропідривних робіт. Глибина шпурів під закладку вибухових речовин не повинна перевищувати 1,0 метр, а кількість вибухових речовин повинна бути мінімальною. Мета проведення таких заходів – зміна фізико-

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			





струменевоїцементациї ґрунтового масиву. Сутність методу полягає у формуванні в межах робочого контуру масиву ґрунтоцементних колон. Роботи виконуються з використанням технології двокомпонентної системи, цементний розчин нагнітається під великим тиском до ґрунту з постійним поступовим підняттям робочого інструменту. Як результат формується колона сцементованих ґрунтів діаметром близько 800 мм. Відстань між скважинами для нагнітання розчину підбирається виходячи з умов повного перекриття ґрунтоцементних колон.

Щоб по периметру відділити майбутній похилий тунель, від ґрунтового масиву використовують метод “стіна в ґрунті”. По периметру майбутньої споруди за допомогою екскаватора або фрези викопується траншея форшахти глибиною до 2 – 3 м. Форшахта служить для позначення периметра майбутньої споруди, а також для зміцнення стінок майбутньої траншеї. Стінки форшахти влаштовуються з попередньо виготовлених арматурних каркасів, які закладаються у змонтовану опалубку з наступним бетонуванням. Дана стіна повинна бути заглиблена аж до найнижчої точки проведення робіт. Перед початком робіт виконуються усі підготовчі роботи, які були описані раніше, а також треба передбачити:

- Планування ділянки до проектної позначки;
- Влаштування форшахти;
- Монтаж та налагодження обладнання для приготування бентонітового розчину та влаштування ємності для накопичення використаного розчину;
- Розбивання траншеї на захватки з закріпленням кордонів та номерів;
- Підключення технологічного обладнання.

Земляні роботи по влаштуванню робочої траншеї виконуються під бентонітовим розчином спеціальною установкою, яка обладнана грейферним ковшем. Транспортування ґрунту у відвал відбувається спеціалізованою технікою (самосвалами). Рівень бентонітового розчину у траншеї підтримується на рівні не нижче 0,2 метри від верхньої частини форшахти, шляхом

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			6

періодичного додавання розчину по мірі розробки траншеї. Відпрацьована до проектної позначки ділянка траншеї перевіряється шляхом опускання шаблону. Дефекти усуваються шляхом додаткового проходу грейфера. Потім краном влаштовуються металеві обмежувачі.

“Стіна у ґрунті” армується арматурними каркасами. До місця установки, просторовий каркас подається в горизонтальному положенні, потім його піднімають одночасно двома кранами та розташовують арматурний каркас вертикально. Монтуються труби, по яким буде подаватись бетонна суміш, яка у свою чергу складається з окремих частин. Під час бетонування стіни, труба підіймається та демонтується зайві секції. Нижній кінець труби повинен бути занурений у бетонну суміш не менш ніж на 1 метр.

Усі роботи повинні обов'язково заноситися у журнали робіт (час початку та кінця бетонних робіт, місця бетонування, кількість та зазначення використаних матеріалів, тощо). Роботи повинні проводитись згідно проекту виконання робіт. На протязі усього часу виконання робіт повинен проводити контроль якості робіт [13].

### 3.4 Зведення станцій

Технологічний комплекс станції передбачає собою цілий ряд службових та побутових приміщень, для нормальної та безперебійної роботи цієї великої системи. На кожній станції повинно бути багато службових приміщень, різного розміщення т аплощі. Детальний опис приміщень наведено в [13].

Найбільш розповсюдженими є станції пілонного типу з трьома склепіннями, проте в практиці метробудування використовуються також інші конструкції станцій, зокрема з одним склепінням. Вибір конструкції залежить перш за все відочікуваного пасажиропотоку та умов будівництва.

Конструкція пілонної станції допускає незалежну проходку трьох паралельних тунелів кругового перетину з подальшим з'єднанням їх паралельними проходками. Круговий обрис тунелів, що утворюють станційне

					МС.ДП.19.04.3.ПЗ	7
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

спорудження, забезпечує однотипність робіт і безпеку їх проведення. У практиці вітчизняного тунелебудування найбільшого поширення набули станції пілонного типу з чавунним і залізобетонним кріпленням. Способи спорудження пілонних станцій відрізняються великою різноманітністю відповідно варіантам конструктивного виконання цих станцій. Відрізняються вони головним чином черговістю, з якої зводять пілони з проходами і станційні тунелі.

Відповідно до цього характерною ознакою можна виділити чотири основні технологічні схеми зведення станцій пілонного типу:

- Спорудження пілонів і проходів безпосередньо після проходки станційних тунелів. За такою схемою споруджують пілони станції з кріпленням з чавунних тюбінгів. У процесі проходки станційних тунелів в межах частини отвору станції в кріплення включають рамні кільця з посиленних і клінчатих тюбінгів. Це дозволяє розімкнути кільця при влаштуванні проходів без додаткового посилення отворів на цих ділянках.
- Спорудження пілонів і проходів після того, як в попередньо пройдених станційних тунелях будуть виконані роботи по посиленню отворів на цих ділянках. За цією схемою споруджують в більшості випадків пілони станції з кріпленням із залізобетонних елементів. У процесі проходки станційних тунелів в кільця кріплення отвірної частини станції включають опорні залізобетонні блоки, які оформляють пілон. До розкриття отворів в межах цієї частини станції зводять спеціальні збірні або монолітні конструкції, які дозволяють розімкнути кільця в межах отвору.
- Спорудження пілонів і проходів в штольнях до проходки станційних тунелів. Кріплення проходів і пілони зводять в цих штольнях з монолітного бетону як єдину конструкцію у вигляді аркади, розташованої уздовж станції в межах її отвірної частини. Потім споруджують станційні тунелі, при цьому їх розімкнутою в межах отвірної частини станції кріплення спирають на готові бетонні конструкції. Істотним недоліком

						<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>				8

такої схеми є висока трудомісткість робіт і низький рівень їх механізації при спорудженні опорних конструкцій гірським способом. Тому вона не отримала практичного поширення, але може бути рекомендована при спорудженні багатопролітних об'єднаних станцій для пересадки.

- Спорудження станційних тунелів одночасно зі спорудженням пілонів і проходів. В цьому випадку при проходці бічних станційних тунелів перетин забою розробляють з урахуванням розміщення та монтажу збірних пілонів одночасно зі спорудженням тунельного кріплення. Спосіб застосуємо в стійких напівскельних і скельних ґрунтах. У зв'язку з тим, що всюди припиняється будівництво пілонів станцій в таких ґрунтах, цей спосіб втратив практичне значення.

Односклепінні станції глибокого закладення економічні, дозволяють урізноманітнити архітектурні рішення, а також мають експлуатаційні переваги на пасажіронапряжених станціях. Звід склепіння станції складено з окремих арок, що представляють собою залізобетонні блоки, які спираються на монолітні опори. Для того, щоб уникнути згинальних моментів, в арках зводу застосовано близьке до шарнірного з'єднання блоків, без зв'язків розтягування в стиках.

Відразу після монтажу, зібрана з окремих блоків арка, обтискається в ґрунт. Для цього в замковий блок, при його виготовленні, закладені два плоских гідравлічних домкрата. Величину зусилля розтискання можна регулювати, в залежності від конкретних умов будівництва, домагаючись стабілізації гірського тиску і зменшення просідання поверхні.

Зворотний звід, так само як і верхній, виконаний з не пов'язаних один з одним арок циркульного обрису, складених із залізобетонних блоків. Конструкція односклепінної станції може бути продовжена за межі посадкових платформ для розміщення в цій подовженій частині станційної тягової понижуючої підстанції, вентиляційних камер, водовідливних установок і інших

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			
					МС.ДП.19.04.3.ПЗ	9

облаштувань для забезпечення експлуатації лінії, що виключає будівництво окремих камер для зазначених облаштувань і знижує витрати праці.

Кріплення станції, обтиснення в ґрунт, знижує до мінімальних розмірів осідання ґрунту. На станціях метро глибокого закладання для зв'язку з денною поверхнею, споруджуються похилі ескалаторні тунелі, в яких монтуються ескалатори, довжина яких залежить від глибини залягання станції.

### 3.5 Спорудження перегінних тунелів

У наш час одним із найбільш розповсюджених способів будівництва тунелів є новоавстрійський метод. Це зумовлено його економічністю та низькою матеріаломісткістю підземних конструкцій. Швидкість будівництва тунелів як у стійких, так і в малостійких породах дуже висока ( від 3 до 7 м/добу ), а вартість будівництва у порівнянні з традиційними способами менша на 30%-40%.

Принципова відмінність новоавстрійського методу будівництва полягає у максимальному використанні несучої здатності оточуючого масиву породи та залучення його у роботу як єдиної системи з кріпленням. Для цього приконтурний шар породи закріплюють тимчасовим кріпленням з анкерів, набризкбетону або піддатливого арочного кріплення. Це кріплення перетворює приконтурний шар у вантажонесучу конструкцію, яка сприймає значну частину зовнішнього навантаження. Решта частини навантаження передається на постійне кріплення, матеріаломісткість якої значно нижче, ніж при інших методах.

Новоавстрійський метод припускає значне переміщення контуру тунелю, забезпечуючи тим самим розвантаження гірничого масиву від напруги. Постійне кріплення зводять у той час, коли вичерпана несуча здатність тимчасового кріплення. Внаслідок цього кріплення працює на навантаження, яке значно менше, ніж якщо б його возводили до того, коли відбулося розвантаження гірничого масиву. Обов'язкова умова застосування даного методу - вимір протягом всього періоду будівництва тунелю деформацій,

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	10
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

переміщень та напруження як у кріпленні, так і у породі. Це дозволяє безперервно контролювати стан гірничого масиву та спорудженого тимчасового кріплення, при цьому необхідно здійснювати поетапне підсилення останньої.

При здійсненні прохідницьких робіт застосовують шість типів тимчасового кріплення, які у свою чергу підібрані, виходячи з інженерно-геологічних умов та результатів розрахунків програмних комплексів.

I клас – закріплення ґрунту не виконується, якщо необхідно виконується кріплення анкерними болтами діаметром 25 мм та довжиною 3 м класом міцності А400С;

I I клас - виконується з набризкбетону завтовшки 100 мм класом міцності С 20/25. Армування виконується за допомогою сіток та окремими стержнями із арматури класом А240С. Монтаж анкерів діаметром 25 мм та довжиною 3 метри класом міцності А400С кроком 2 метра в обох напрямках;

I I I клас - виконується з набризкбетону завтовшки 150 мм класом міцності С 20/25. Армування виконується за допомогою сіток в два рівня та окремими стержнями із арматури класом А240С. Монтаж анкерів діаметром 25 мм та довжиною 4 метри класом міцності А400С кроком 2 метра в обох напрямках;

I V клас - виконується з набризкбетону завтовшки 200 мм класом міцності С 20/25. Армування виконується за допомогою сіток в два рівня та окремими стержнями із арматури класом А240С. Додатково монтуються металічні ферми аочної форми. Вони виконані з арматури діаметром 25 мм та 20 мм класом А400С для верхнього та нижнього поясів, решітка з арматури діаметром 10 мм класом А240С. У просторі з'єднуються прогоном з кроком 1 метр, який виконано із арматури діаметром 14 мм класу А240С. Монтаж анкерів діаметром 25 мм та довжиною 4 метри класом міцності А400С кроком 1,5 метра в обох напрямках. Додатково виконується випереджальне кріплення анкерами діаметром 25 мм та довжиною 4 метра класом міцності А400С кроком 0,5 метра;

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

V клас - виконується з набризкбетону завтовшки 250 мм класом міцності С 20/25. Армування виконується за допомогою сіток в два рівня та окремими стержнями із арматури класом А240С. Додатково монтуються металічні ферми арочної форми. Вони виконані з арматури діаметром 25 мм та 20 мм класом А400С для верхнього та нижнього поясів, решітка з арматури діаметром 10 мм класом А240С. У просторі з'єднуються прогоном з кроком 1 метр, який виконано із арматури діаметром 14 мм класу А240С. Монтаж анкерів діаметром 25 мм та довжиною 6 метрів класом міцності А400С кроком 1,5 метра в обох напрямках. Додатково виконується випереджальне кріплення анкерами діаметром 25 мм та довжиною 4 метра класом міцності А400С кроком 0,5 метра;

Va - клас виконується з набризкбетону завтовшки 250 мм класом міцності С 20/25. Армування виконується за допомогою сіток в два рівня та окремими стержнями із арматури класом А240С. Додатково монтуються металічні ферми арочної форми. Вони виконані з арматури діаметром 25 мм та 20 мм класом А400С для верхнього та нижнього поясів, решітка з арматури діаметром 10 мм класом А240С. У просторі з'єднуються прогоном з кроком 1 метр, який виконано із арматури діаметром 14 мм класу А240С. Монтаж анкерів діаметром 25 мм та довжиною 6 метрів класом міцності А400С кроком 1 метр в обох напрямках. Додатково виконується монтаж труб довжиною 6 метрів кроком 0,3 метра у звідову частину;

У процесі виробництва робіт, виходячи з фактичного інженерно-геологічних та гідрологічних умов, конструкція тимчасового кріплення (класи тимчасового кріплення 1-5а ) при доречному обґрунтуванні може коригуватися [13].

Будівельні конструкції перегінних тунелів розраховані, як ті, що знаходяться у ґрунтовій середі та працюють у контакті з оточуючим ґрунтом. Типи конструкцій у перегінних тунелях зазначені з урахуванням гідрологічних та інженерно-геологічних умов будівництва, прийнятих способів будівництва, глибини закладання та кліматичних умов.

<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>					
<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>							12	

Несучі конструкції перегінних тунелів закритого способу робіт виконуються із монолітного залізобетону товщиною з характеристиками, що були зазначені у попередньому пункті, змінюється показник морозостійкості на F150 для перегінних тунелів на довжині 50 метрів від перегінних вентиляційних стволів. При виготовленні бетонної суміші необхідно керуватися вимогами відповідної нормативної документації та проектним показникам.

Для виготовлення тимчасового кріплення за технологією НАТМ виробка розкривається окремими сегментами на повний профіль з застосуванням контурного піддатливого тимчасового кріплення. Виробка закріплюється тимчасовим та постійним кріпленням, як було зазначено у минулих пунктах у наступному порядку виконання робіт по спорудженню кріплення:

- Виконуються роботи по закріпленню пород анкерами (тимчасове кріплення);
- Виконується кріплення ПВХ мембрани та геотекстиля на анкерах (тимчасове кріплення);
- Виконується інектування простору вологим торкретом за ПВХ мембрану та геотекстиль;
- Спорудження несучих (постійних) монолітних залізобетонних конструкцій з внутрішнім шаром ПВХ гідроізоляції.

Гідроізоляція монолітних залізобетонних конструкцій зачиненого способу робіт досягається за рахунок застосування бетонів з підвищеним класом за водонепроникністю та ПВХ мембрани.

Постійне кріплення виконується з монолітного залізобетону товщиною 400 мм, клас за міцністю на стиск В30, марка за водонепроникністю W 8, марка за морозостійкістю F100, REJ 90. Армується кріплення арматурними каркасами класом А240С, А400С. Діаметр арматури, що використовується - 8, 10 А240С, 16, 18, 32 А400С (згідно ДСТУ 3760:2006).

Конструкція монолітної залізобетонного кріплення:

- По висоті - 6107 мм;

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	13
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



- По ширині - 5964 мм;
- Товщина зводу - 400 мм;
- Товщина стін - 400 мм;
- Товщина лоткової частини - 557 мм;
- ПВХ мембрани (гідроізоляція);
- Геотекстиль (гідроізоляція).

Буропідривний спосіб застосовується для вироблення по породам з коефіцієнтом міцності більш 8. При цьому ефективність буровибухових робіт залежить від багатьох факторів:

- фізико-механічних властивостей порід
- типу і витрати ВР;
- діаметра і глибини шпурів;
- конструкція заряду і способу його ініціювання;
- схеми розташування шпурів і черговості підривання зарядів;
- типу бурового обладнання; організації робіт і т.п.

Ступінь впливу зазначених факторів на ефективність буровибухових робіт різна і визначається комплексом параметрів. Тому буропідривний комплекс включає в себе роботи по бурінню і заряджання шпурів, а так само підривання зарядів і т.д.

Якісне виробництво буровибухових робіт багато в чому визначає ефективність і економічність будівництва гірничих виробок. Правильне визначення і раціональний вибір елементів буропідривного комплексу повинні забезпечити наступне: руйнування породи в обсязі проектного перерізу без "недоборів" і "переборів" на максимально можливу глибину шпурів; рівномірне дріблення породи до певної фракції, при якій досягається максимальна продуктивність навантаження зруйнованої маси; мінімальний розкид підірваної породи з вироблення, що зменшує трудомісткі роботи по підгортання породи; купчасте розташування підірваної породи у вибої; максимальну механізацію всіх робіт.

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



застосовують збірні кріплення із залізобетонних блоків, а в ускладнених гідрогеологічних умовах будівництва, як у нашому випадку (при нестійких обводнених ґрунтах, великому гідростатичному напорі води і великому гірському тиску) - збірні кріплення з чавунних тюбінгів.

При традиційному способі спорудження тунелів збірні кріплення можуть обжиматися нагнітанням піщано-цементним розчином в зазор між зовнішньою поверхнею обробки і внутрішньою поверхнею вироблення, пройденої в породі.

У певних умовах (в стійких, що володіють достатньою міцністю ґрунтах) може бути застосований і інший спосіб - обтиснення кріплення в ґрунт. Щільне притиснення блоків кріплення до контуру виробки виключає процес первинного нагнітання, зменшує або виключає опади земної поверхні, покращує стійкість породного масиву. Для обтиску кріплення в породу необхідно, щоб вироблення мало правильний контур, що співпадає із зовнішнім контуром кріплення. Такий контур вироблення отримують при використанні прохідницьких механізованих щитів в щільних стійких ґрунтах.

					<i>МС.ДП.19.04.3.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			16

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних виробничих факторів

#### 4.1.1 Шкідливі виробничі фактори

До шкідливих факторів відносяться шум, вібрація, запилення та загазованість повітря, різні види випромінювання на робочих місцях. Загалом шкідливі фактори можуть призвести до виникнення професійних захворювань. Джерелом шуму та вібрації є будівельна та спеціальна техніка, яка використовується для влаштування вертикальних стволів, котлованів, інших споруд на поверхні, та влаштування перегінних тунелів та станцій (під земною поверхнею). Крім того, техніка обладнана двигунами внутрішнього згорання є джерелом забруднення повітря робочого простору продуктами згорання палива (загазованості). Пил на робочих ділянках може виникати внаслідок екскавації ґрунту, бурових, вибухових, демонтажних та інших видів робіт. Джерелом іонізуючого випромінювання можуть бути скельні ґрунти, що розробляються, та будівельні матеріали. Радіаційний контроль є однією з основних ланок діючого в Україні контролю якості [31], треба слідкувати за радіаційним фоном матеріалів, що постачаються для будівельно-монтажних робіт та безпосередньо на місці роботи людей. Всі будівельні матеріали повинні мати сертифікат радіаційної безпеки. При виконанні робіт на відкритих робочих майданчиках на земній поверхні до шкідливих факторів також відносять підвищені (літня спека) та зниженні температури (мороз), тому робітники мають бути забезпечені спецодягом відповідно до пори року. У підземних виробках до шкідливих факторів також може бути віднесена підвищена вологість. На робочих місцях повинно забезпечуватись освітлення робочого простору згідно державних норм,

					<i>МС.ПД.19.04.4.ПЗ</i>			
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			4 Охорона праці та навколишнього середовища	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>					1	14
<i>Керівник</i>		<i>Пугач І.І.</i>				184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>						

бо погане освітлення може сприяти погіршенню зору та навіть може спричинити небезпечні ситуації.

#### **4.1.2 Небезпечні виробничі фактори**

До небезпечних факторів відносяться роботи що потенційно можуть стати причиною травмування працівників. До небезпечних факторів відносять, наприклад: рухомі машини та механізми, висоту, ріжучі інструменти, електричний струм, вибухові та вогнебезпечні матеріали тощо. Одним з найбільш небезпечних є проведення буровибухових робіт (БВР) у забої тунелю. Все починається з того, що треба влаштувати шпури у лбі забою, для закладання вибухової речовини. Вони виконуються спеціальною буровою установкою або ручним перфоратором, детальніше механізм праці описується у паспорті на вибухові роботи. У ньому ж визначається межа небезпечної зони від ударної повітряної хвилі, залишок газів та пилу після виробництва вибухових робіт, час який потрібно витратити для провітрювання вибою. Основними компонентами вибухових речовин є вуглець, кисень, водень і азот. При цьому в складі кожної ВР кількості кисню достатньо для повного окиснення горючих елементів в процесі реакції вибуху. Однак, поряд з утворенням води ( $H_2O$ ), вуглекислого газу ( $CO_2$ ) і виділенням азоту ( $N_2$ ) в результаті вибухового перетворення завжди утворюються монооксид вуглецю  $CO$ , закис азоту ( $N_2O$ ), оксид азоту ( $NO$ ), сірководень ( $H_2S$ ) і діоксид сірки ( $SO_2$ ). Утворення сірководню і сірчастого газу можливе тільки при вибухах порід, що містять сірку. Отже, склад продуктів детонації напряму залежить від твореної при руйнуванні гірських порід поверхні.

До початку робіт з проходки підземних виробок всі особи, що виконують робочі процеси повинні бути ознайомлені під розпис з геологічними і гідрологічними умовами ділянки, а також з розташуванням існуючих ліквідованих підземних споруд і комунікацій, що знаходяться в зоні робіт.

					<i>МС.ДП.19.04.4.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			















Мережа об'єднаної системи водопроводу станції перевірена на пропуск розрахункового витрачання води на внутрішнє пожежогасіння при найбільшому витрачанні господарсько-питними та технічними потребами. При цьому витрачання води на використання душем, миття полів та їх поливання не враховується [13].

#### **4.2.4 План ліквідації аварії (ПЛА)**

План ліквідації аварій (ПЛА) – це заздалегідь розроблена система узгоджених дій, які виконуються негайно при виявленні аварії і забезпечують рятування людей, ліквідацію аварії та попередження її розвитку.

Неполадки, нещасні випадки та аварії найчастіше відбуваються при пускові чи зупинці виробництва, при управлінні технологічними процесами вручну у випадку виходу із ладу автоматичних засобів регулювання та управління.

. Оперативною частиною плану передбачаються можливі аварії та інші умови даного підприємства, які небезпечні для життя людини, а також заходи, направлені на рятування людей, ліквідацію аварій на початковій стадії їх виникнення та після ліквідації аварій. При складанні планів ліквідації аварій враховуються можливі порушення нормальних режимів роботи: відключення електроенергії; зупинення роботи вентиляції та вимкнення освітлення; зупинка подачі сировини, палива, газу, води, пари; порушення технологічного процесу чи режиму роботи апарату, комунікацій; загоряння, викликані грозовими розрядами, повторним проявленням блискавки та ін. Окрім того, на підприємствах хімічної промисловості особливу небезпеку являють собою аварії, котрі пов'язані з проривом газів і легкогорючих рідин, викидами реакційної маси, термічним розкладом хімічних продуктів та ін.

Оперативна частина плану ліквідації можливих аварій передбачає також способи сповіщення про аварію, шляхи виходу людей із небезпечних місць, увімкнення аварійної витяжної вентиляції.

					<i>МС.ДП.19.04.4.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			9

Таблиця 4.1 – Заходи при пожежі на стволі

№ п/п	Заходи для спасіння людей, попередження та ліквідації аварії	Відповідальні особи	Маршрут та час евакуації людей
1.	2.	3.	4.
1.	а). Сповістити про аварію в підземній виробці шляхом багаторазового відключення світла (не менше 5 раз) з повторенням через 10-20 сек. б). Сповістити диспетчера.  в). Вивести усіх людей з гірничої виробки.	Відпов. ІТР дільниці Виконав. черговий електрик.  Відпов. керів. робіт Виконав. машиніст підйому ІТР ділянки  Відпов. керів. робіт начальник дільниці гірський майстер	Особи, що знаходяться у стволі: - у стволі до початку пожежі виходять по сходовому відділі стволу на промділянку (9 хв.)  - у стволі за вогнищем пожежі, якщо не можливо обійти пожежу уходять по сходовому відділу стволу до між тунельної збойки, відкривають став стислого повітря та чекають ліквідації пожежі та порятунку гірничих рятувальників.
2.	Викликати ДВГСО та пожежників. Викликати відповідальних осіб згідно ПЛА.  Забезпечити прибуття на об'єкт людей та техніки у відповідності з перебуванням виїздів загонів на аварію.	Відпов. керів. робіт Виконав. диспетчер  черговий по заgonу Ком. ДВГСО	
3.	Забезпечити роботу вентилятора головн. провітрювання у нормальному режимі.	Відпов. Гл. енергетик Виконав. черговий електрик.	
4.	Вимкнути електроенергію у стволі.	Відпов. Гл. енергетик Виконав. черговий електрик.	
5.	Виставити пости безпеки у гирлі стволу та організувати підрахунок людей, які вийшли на поверхню.  Заборонити опускання без спец. пропусків та забезпечити опускання у шахту загонів ВГСО.	Відпов. керів. робіт Виконав. Начальник ІТР дільниці  Відпов. керів. робіт Виконав. зам. гл. інженера по виробництву.	
6.	Встановити кількість людей, захоплених аварією.	Відпов. керів. робіт Вик. перший помітний пожежу, черговий електрик, гірничий майстер	

МС.ДП.19.04.4.ПЗ

Гзм.	Арк.	№ докум.	Підпис
------	------	----------	--------

Таблиця 4.1 – Продовження

1.	2.	3.	4.
7.	При виявленні пожежі, якщо вогнище пожежі не погрожує життю, долучитись до саморятівників застосувати заходи по ліквідації пожежі	Відпов. перший помітивший пожежу Вик. перший помітивший пожежу, черговий електрик, гірничий майстер	Особи, що знаходяться у підземній виробці долучившись до саморятівників: - якщо неможливо обійти пожежу повинні йти до тупику, відчинити став стислого повітря і чекати ліквідації пожежі та допомоги гірничих рятувальників. - у підхідній, якщо неможливо обійти пожежу повинні йти у інший бік від аварії, відчиняють став стислого повітря і чекати ліквідації пожежі та допомоги гірничих рятувальників.
8.	Сповістити поїзного диспетчера	Відпов. керів. робіт Виконав. диспетчер	
9.	Увімкнути водяну завісу на стволі.	Відпов. керів. робіт Вик. черговий слюсар	
10.	забезпечити постійну подачу води до місця пожежі.	Відпов. керів. робіт Вик. черговий механік	
11.	Забезпечити постійну подачу стислого повітря по трубопроводу у гірничі відпрацювання	Відпов. керів. робіт Вик. черговий механік	
12.	Направити загін ДВГСО для виводу людей та ліквідації пожежі.	Відпов. керів. робіт командуючий ДВГСО Вик. загін ВГСО	
13.	Організувати командний пункт з побутівки.		

Шляхи виходу людей із будівлі вказуються від кожного робочого місця і для кожного випадку аварії.

В кожному випадку передбачається можливість і необхідність користування індивідуальними газозахисними пристроями.

При будь-якому виді аварій одразу ж викликаються газорятувальна служба та пожежна частина для надання допомоги людям та у ліквідації аварії.

Керівник (власник) підприємства має організувати вивчення ПЛАСу і змін до нього персоналом організацій, які братимуть участь у ліквідації наслідків аварій, та відповідними спецслужбами.

Керівник (власник) підприємства має визначити порядок та терміни проведення навчання і практичної підготовки персоналу усіх організацій, які

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис						
									11

беруть участь у ліквідації наслідків аварій. Графік проведення учбово-тренувальних занять і учбових тривог затверджує керівник підприємства (об'єкта) або органу місцевого самоврядування залежно від рівня аварії й погоджує з територіальним управлінням Держнаглядохоронпраці та територіальним управлінням МНС.

ПЛА складається кожні шість місяців головним інженером шахти або рудника, погоджується з представниками гірничотехнічної інспекції та гірничорятувальних частин і затверджується технічним директором об'єднання.

#### **4.3 Прогнозований вплив проектних робіт на довкілля**

Будівництво проектної пускової ділянки метрополітена чинить вплив на довкілля за рахунок викидів у атмосферу продуктів згоряння палива від двигунів внутрішнього згоряння, продуктів стирання автомобільної гуми, шуму від працюючих машин та механізмів, земляних робіт, вирубки дерев, деякої зміни схем організації руху вуличного наземного транспорту на час будівництва, знесення існуючих споруд, зміни режиму руху підземних вод та інше.

У зв'язку з допустимим впливом на довкілля (допустимими викидами у атмосферу забруднюючих речовин), практично відсутнім безпосередньо впливаючим на водне середовище, відсутнім або допустимим законодавством України видами фізичного впливу (електромагнітним, ультразвуковим та ін.), можна зробити висновок, що реалізація проектної діяльності не завдасть негативного впливу на промислові та житлово-цивільні об'єкти, наземні та підземні споруди, культурні ландшафти, пам'ятки архітектури, історії та культури.

#### **4.4 Заходи по охороні навколишнього середовища**

Для того, щоб під час процесу будівництва роботи дотримувались законодавства про охорону оточуючого довкілля необхідно виконувати наступні вимоги:

					<i>МС.ДП.19.04.4.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

- Будівельно-монтажні роботи виконувати тільки з дотриманням вимог державної екологічної та санітарно-гігієнічної експертизи;
- Прокладання тимчасових автомобільних доріг виконувати з збереженням зелених насаджень;
- Зрізання та складування родючого шару ґрунту, з наступним його використанням згідно [6];
- Перешкоджати пилоутворенню та засміченню атмосферного повітря;
- Ставати на заваді засміченню підземних вод нижніх горизонтів на час виконання будівельно-монтажних робіт та штучного закріплення ґрунту;
- Виконувати заходи по безпечній утилізації та знешкодженню твердих та рідких відходів.

Під час робіт прогнозується викидання в атмосферу азоту оксидів, вуглецю, сірчаного ангідриду у об'ємах, які знаходяться в межах допустимих по нормативним документам, опираючись на цю інформацію можна зробити висновки, що зайвих витрат коштів на компенсаційні заходи для відновлення техногенної середовища не потрібно.

Проаналізувавши загальний стан будівництва, можна сказати про наступні види впливу на навколишнє середовище:

- фізико-хімічний вплив (викиди в атмосферу утворюючих забруднюючих речовин у вигляді аерозолів, газів та парів) - в межах дозволених законодавством України нормативно-регулюючих документів та правил, додаткові заходи не потрібні [14];
- шумовий вплив - в межах дозволених законодавством України нормативно-регулюючих документів та правил, додаткові заходи не потрібні [39];
- електромагнітні коливання - в межах дозволених законодавством України нормативно-регулюючих документів та правил, додаткові заходи не потрібні;

					<i>МС.ДП.19.04.4.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



- вплив від джерел ультразвукового, іонізуючого та радіаційного випромінювання відсутні, додаткові заходи не потрібні [31].

Будівництво другого пускової ділянки першої черги Дніпровського метрополітену негативного впливу на геологічне та водне середовище, ґрунт, рослинний та тваринний світ, соціальне та техногенне середовище не надасть. Проведення яких-небудь додаткових заходів по застереженню негативних впливів недоцільно.

					<i>МС.ДП.19.04.4.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			14

## 5 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МАРКШЕЙДЕРСЬКО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА МЕТРОПОЛІТЕНУ

### 5.1 Опорна геодезична мережа на земній поверхні

#### 5.1.1 Нормативне забезпечення та склад розбивочної основи

Розбивочна маркшейдерсько-геодезична основа для будівництва метрополітену створюється за вимогами діючих нормативних документів [3, 11, 13].

Відповідно [13] та [11] геодезичну розбивочну основу для будівництва метрополітену створює замовник будівництва і передає підряднику відповідну технічну документацію та закріплені на майданчику пункти і знаки цієї мережі. Натомість §4 [3] покладає відповідальність за створення наземної геодезичної основи на проектну організацію та зазначає, що ця геодезична основа повинна забезпечувати відповідну точність змикання зустрічних вибоїв. У будь-якому разі передача геодезичної основи від однієї організації до другої повинна виконуватись відповідно до вимог [11] і супроводжуватись технічною документацією й актом (додаток Г [11]). До складу технічної документації на розбивочну основу входять:

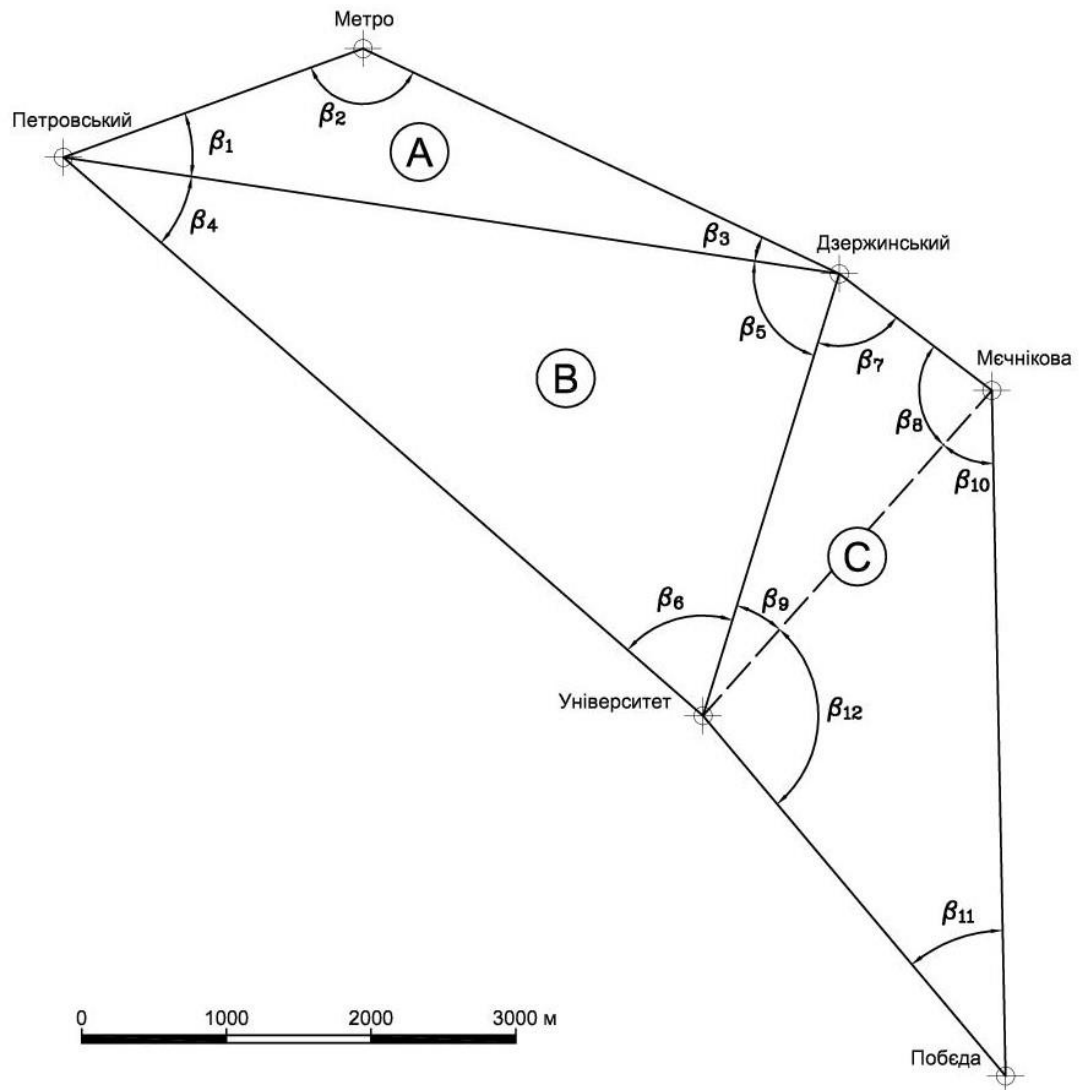
- каталоги координат і відміток на всі знаки, репери і основні точки виходу споруди на поверхню;
- схема розташування пунктів цієї основи, їх прив'язку до жорстких предметів місцевості, а за необхідності - адреси і опис розташування цих пунктів;
- технічний звіт про проведення геодезичних робіт.

Геодезична розбивочна основа створюється вздовж траси тунелів у складі, обсязі та точності відповідно до глав 1 - 4 [3].

					<i>МС.ПД.19.04.5.ПЗ</i>			
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			5 Загальні питання маркшейдерсько- геодезичного забезпечення метрополітен	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>					1	18
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>						



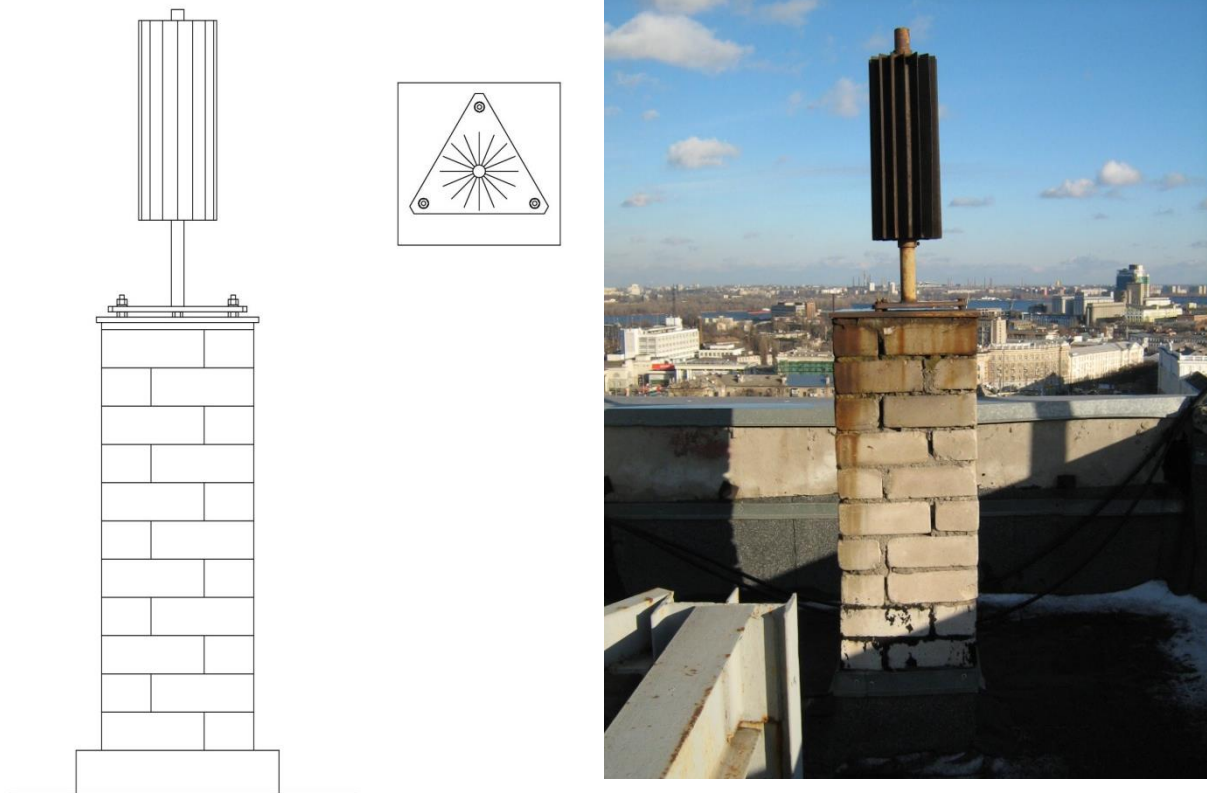




Мал. 5.1 - Мережа тунельної триангуляції

Всі зазначені пункти мають типовий спосіб закріплення - турами, викладеними з цегли та спорядженими зйомними візирними циліндрами Шишкіна. Доступ до всіх пунктів для пересічних громадян обмежений.

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	4
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			



Мал. 5.2 - Креслення типового туру та існуючий пункт тунельної триангуляції “Метро”

### 5.1.3 Основна полігонометрія

Глава 2 [3] містять наступні вимоги до створення меж основної полігонометрії.

На поверхні вздовж траси тунелів у складі геодезичної розбивочної основи повинна прокладатися основна полігонометрія у вигляді системи замкнених полігонів або поодиноких ходів, розташованих між пунктами тунельної триангуляції або тунельної полігонометрії.

Роботи по створенню основної полігонометрії для будівництва метрополітену було виконано ДП “Укргеодезмарк” ПАТ “Київметробуд” у 2017 р. Результати робіт відображено у технічному звіті [38].

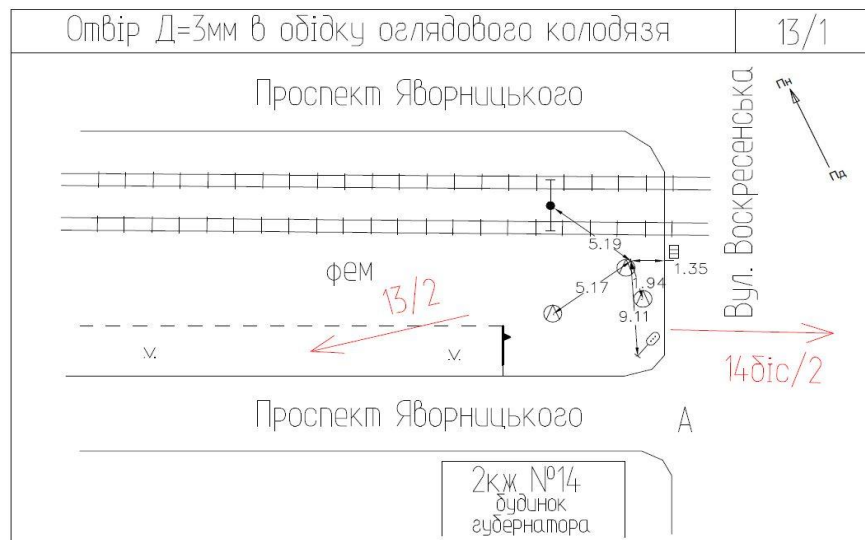
Основну полігонометрію дозволяється використовувати як самостійну геодезичну основу для будівництва тунелів, довжина яких не перевищує 1 км. Основна полігонометрія повинна задовольняти такі вимоги:

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	5
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			









Мал. 5.4 - Приклад прив'язки пункту полігонометрії

#### 5.1.4 Висотна мережа на земній поверхні

Основні вимоги до створення висотної основи на земній поверхні викладено у главі 4 [3].

Систему реперів слід створювати шляхом нівелювання I і II класів. Згущення системи реперів здійснюється шляхом нівелювання III і IV класів, із розрахунку забезпечення кожного ствола, порталу або штольні - не менш ніж три репери.

Граничні нев'язки не повинні бути більше ніж:

- $10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$  для III класу нівелювання;
- $20 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$  для IV класу нівелювання;

де,  $L$  - довжина ходу в км.

Для забезпечення будівництва метрополітену висотна мережа була оновлена у 2017 році ДП "Укргеодезмарк" ПАТ "Київметробуд" [38].

Фактично було виконано згущення мережі реперів нівелюванням III класу. Схему висотної мережі надано на мал. 3.5.

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			8

Нівелювання виконувалось у вигляді систем ходів та полігонів в прямому та зворотному напрямках, нівеліром DL-101С (Topcon) по штрихових рейках NEDO з інварною смугою із штриховими поділками та башмаках.

Вимірювання виконано при сприятливих погодних умовах із дотриманням таких основних допусків:

- відстані від інструмента до рейок до 60м;
- різниця відстаней від інструмента до рейок не більше 2м;
- накопичення різниць плечей у секції не більше 5м;
- висота візирного променя над поверхнею не менше 0.3м.

## 5.2 Розмічувальні роботи на земній поверхні

Розмічувальні роботи на земній поверхні виконуються відповідно [3, 11].

В місцях розташування вестибюлів, за завданням проектувальника виконується перенесення в натуру осі траси, що за необхідності закріплюється постійними або тимчасовими знаками, замальовуються та прив'язуються до місцевості. Також в місцях розташування вестибюлів та інших наземних споруд метрополітену виконується перенесення в натуру червоних ліній міського планування.

При будівництві метрополітену споруди на поверхні ділять на три типи [3]:

1. Основні споруди, що геометрично пов'язані з проектом траси;
2. Допоміжні споруди, розташовані на будівельному майданчику ствола;
3. Споруди розташовані поза межами будівельного майданчику, геометрично непов'язані з проектом траси.

Основою для розбивки споруд першої групи є осі ствола. Основою для розбивки споруд другої групи є генеральний план і робочі креслення окремих споруд. Споруди третьої групи розбиваються на основі планів внутрішнього квартального планування від пунктів полігонометрії та реперів.

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			





Роботи з побудови розмічувальної мережі треба виконувати згідно з проектом або розмічувальними кресленнями. В складі проекту повинні бути: розмічувальні креслення, каталоги координат та висот вихідних пунктів, каталоги проектних координат та позначок, креслення геодезичних центрів і знаків, пояснювальна записка з обґрунтуванням точності побудови розмічувальної мережі.

Точність геодезичних вимірювань при побудові розмічувальної мережі приймається відповідно таблиці 1 [11], а для зовнішньої та внутрішньої розмічувальної мережі, у тому числі для винесення головних осей відповідно таблиці 2 [11].

### **5.3 Орієнтування підземних споруд та передача висотної відмітки**

#### **5.3.1 Підхідна полігонометрія**

Відповідно [3] при виконанні підхідної полігонометрії дотримуються наступних параметрів:

- загальна довжина підхідного ходу не більш ніж 300 м;
- сторони завдовжки від 30 до 70 м;
- різниця між окремими прийомами при вимірюванні одного кута не більш ніж 15";
- відносна похибка при вимірі довжин, за результатами подвійних вимірів, не повинна перевищувати 1:20000;
- абсолютна похибка подвійних лінійних вимірів не більш ніж  $\pm 3$ мм.

Підхідна полігонометрія повинна спиратися на пункти і сторони основної або тунельної полігонометрії чи триангуляції.

На будівництві метрополітену підхідна полігонометрія виконується маркшейдерсько-геодезичною службою генпідрядної будівельної організації.

Створення підхідної полігонометрії виконується приладами австрійського виробництва "Leica" TS09 plus 3 R500, що забезпечують точність:

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



Відстань між точками проектування на поверхні 3,2609 м, у підземних спорудах - 3,2613 м, таким чином розбіжність між довжинами склала 0,4 мм. Різниця між дирекційного кута на базових сторонах підземної полігонометрії склала 8" для сторони МТ954 - МТ221 та 9" для сторони МТ141 - МТ173. Отримані значення розбіжностей дозволяють визнати результати орієнтування задовільними.

У випадку, коли можливо виконати орієнтування через дві вертикальні шахти або через шахту та свердловину, таке орієнтування виконується якнайшвидше. Результати орієнтування через дві окремі виробки вважаються набагато більш достовірними.

### **5.3.3 Гіроскопічне орієнтування**

В умовах коли виконання орієнтування геометричним методом виконати неможливо або попередній розрахунок свідчить про недостатню точність передачі дирекційного кута виконується орієнтування за допомогою гіротеодоліта.

Інструкція [5] у параграфі Е глави 8 містить детальну інформацію щодо виконання гіроскопічного орієнтування.

Орієнтування сторони підземної полігонометрії гіроскопічним методом складається з наступних етапів:

- визначення поправки гіротеодоліта на стороні з відомим дирекційним кутом;
- визначення дирекційного кута сторони підземної полігонометрії;
- повторне визначення поправки гіротеодоліта на стороні з відомим дирекційним кутом.

Кожне визначення поправки виконується одним або двома пусками на одній з найближчих до шахти сторін поверхневої основної полігонометрії, дирекційний кут якої визначено безпосередньо з пункту триангуляції. Довжина такої сторони повинна бути не менше 100 м. Поправка визначається для прямого та зворотного напрямків.

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Різниця визначення поправки між двома пусками вважається допустимою якщо вона менше ніж:

$$d_{\Delta} = 2 \cdot \frac{m}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{2}, \quad (5.3)$$

де  $m$  - середня квадратична похибка визначення гіроскопічного азимута одним пуском;  $n$  - кількість пусків.

Орієнтування сторони підземної полігонометрії виконується двома пусками, з постановкою гіртеодоліта на обох краях. Довжина такої сторони повинна бути не менше 30 м.

На даний момент гіроскопічне орієнтування підземних споруд метрополітену не виконувалось.

#### **5.3.4 Передача висотної відмітки до гірничих виробок**

Інструкція [3] у параграфі Б глави 10 містить детальну інформацію про передачу висот у підземні споруди.

У [3] зазначається, що передача відміток виконується тричі у такі періоди будівництва:

- після досягнення проектної відмітки при проходці шахти;
- після спорудження навколошахтних виробок;
- після спорудження на трасі першої ділянки постійного кріплення.

Передача відмітки через вертикальні шахти глибиною до 150 м виконується за допомогою рулетки, а для глибших рекомендовано використання глибиноміра.

Рулетка що використовується для передачі відмітки повинна бути прокомпарована при натягі 10 кг. При такому ж натягі виконується передача відмітки.

Передачу відмітки треба виконувати при трьох різних положеннях рулетки або при трьох різних горизонтах приладів.

При розрахунку відмітки підземного репера враховуються поправки за компарування та за температуру.

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			15



## 5.4 Підземні полігонометрична та висотна мережі

### 5.4.1 Підземна полігонометрія

Основні вимоги щодо побудови та точності підземної полігонометрії містяться у пунктах 21.28 - 21.32 [16] та у главі 9 [5].

Підземна маркшейдерська основа повинна створюватися у вигляді підземної полігонометрії – робочої і основної. При проходці тунелів слід прокладати:

- робочу підземну полігонометрію із сторонами завдовжки від 25 м до 50 м;
- основну підземну полігонометрію із сторонами завдовжки від 50 м до 100 м;
- головні ходи із сторонами завдовжки 150 м і більше, використовуючи знаки основної підземної полігонометрії.

У тунелях метрополітенів знаки основної полігонометрії на прямолінійних ділянках слід розташовувати з боку, протилежному контактній рейці. У тунелях, де передбачено укладання постійної рейкової колії, знаки підземної полігонометрії слід закладати на рівні верху колійного бетону або верху баластної призми. Знаки і точки підземної полігонометрії одночасно повинні служити і реперами мережі підземного нівелювання.

Абсолютні величини похибок у вимірних довжинах сторін підземної полігонометрії за різницями подвійних вимірів не повинні перевищувати:

- 2 мм – для ліній завдовжки до 25 м (включно);
- 3 мм – для ліній завдовжки від 25,1 м до 50 м (включно);
- 4 мм – для ліній від 50,1 м до 80 м.

У лініях, довжина яких перевищує 80 м, відносна різниця між значеннями вимірів у прямому і зворотному напрямках не повинна перевищувати 1:20000.

При вимірі ліній підземної полігонометрії світлодалекомірами відносна різниця вимірів довжини не повинна перевищувати 1:25000.

Кутові вимірювання слід повторювати не менше ніж два рази на рік. Остаточні спостереження та ув'язку підземної полігонометрії слід робити після

					<i>МС.ДП.19.04.5.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			





## 6 СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД МЕТРОПОЛІТЕНУ

### 6.1 Нормативне обґрунтування

Сучасна нормативна база України здебільшого розглядає маркшейдерсько-геодезичні спостереження за зрушеннями та деформаціями як частину геотехнічного моніторингу. Необхідність виконання спостережень за зрушеннями і деформаціями, що потенційно можуть статись в наслідок проведення будівельних робіт, зафіксована державними стандартами України (ДСТУ), державними будівельними нормами (ДБН), відомчими будівельними нормами (ВБН) та іншими документами.

Відповідно до Закону України [32] та ДСТУ [27] метрополітен відноситься до категорії наслідків (класу відповідальності) СС3, що в свою чергу обумовлює обов'язковий науково-технічний супровід будівництва відповідно вимог [10, 28]. Зазначені нормативні документи визначають моніторинг та спостереження за зрушеннями і деформаціями якодну зі складових частин науково-технічного супроводу.

Базовим керуючим нормативним документом при будівництві об'єктів метрополітену є ДБН В.2.3-7-2018 «Споруди транспорту. Метрополітени» [13]. В пункті 21.11 [13] зазначається: в процесі будівництва тунелів повинні виконуватись спостереження за осіданнями будинків та споруд, комунікацій та інших об'єктів, розташованих в зоні ймовірних деформацій земної поверхні. Також документ містить посилання на інші нормативи [5, 6, 9, 10, 11, 21], що регламентують окремі питання проведення спостережень за зрушеннями та деформаціями та питання безпеки навколишньої забудови. Проте, деяка необхідна організаційно-правова та технічна інформація міститься у інших документах [3, 12, 28, 29].

					<i>МС.ПД.19.04.6.ПЗ</i>			
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Дуднік О.В.			6 Спостереження за деформаціями земної поверхні при будівництві підземних споруд метрополітену	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		Беліченко О.В.					1	47
<i>Керівник</i>		Беліченко О.В.				184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		Бруй Г.В.						
<i>Зав. каф.</i>		Кучин О.С.						











геодезичними методами, у тому числі фіксація результатів та аналітична обробка отриманих даних;

- відповідно [11], геодезичний моніторинг - комплекс геодезичних робіт та систематичних спостережень за динамікою розвитку деформацій в період будівництва та експлуатації будівництва.

Остання визначення ближче за сутністю до деформаційного моніторингу, проте моніторинг деформацій є більш широким поняттям, і виконується не тільки геодезичними методами.

#### **6.2.4 Інженерні та інженерно-геологічні терміни**

Фундамент - підземна частина споруди, яка сприймає навантаження від несучих конструкцій і передає їх на основу, складену природними ґрунтами (природну) чи штучними ґрунтами (штучну) [12].

Ґрунтова основа - частина ґрунтового масиву, з якою взаємодіє фундамент споруди [12].

Технічний стан основи (конструкції, споруди) - стан основи (конструкції, споруди) в період експлуатації (дослідження), що забезпечують безпечну експлуатацію або спричиняють необхідність проведення додаткових підсилюючих заходів для підтримання експлуатаційної придатності та безпеки [12].

Обстеження об'єкта - процес отримання якісних та кількісних показників експлуатаційної придатності об'єкта, що характеризують поточний технічний стан об'єкта [28].

Стабілізаційний період експлуатації об'єкта - період стабілізації деформацій основ, фундаментів та несучих конструкцій об'єкта, який вважається завершеним, якщо протягом трьох циклів спостережень, визначених технічним завданням на моніторинг об'єкта, значення вимірюваної величини коливається в межах заданої точності вимірювань [21].

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			5



Товща наносних ґрунтів складається з понад шістнадцяти різних інженерно-геологічних елементів, що мають різні фізико-механічні властивості, зокрема кут внутрішнього тертя. Рівень ґрунтової води на обраній ділянці коливається від 2,2 до 4,8 м. Так практично вся товща наносних ґрунтів є водонасиченою. Складна геологічна структура масиву робить практично неможливим прогноз зрушень поверхні від ведення гірських робіт.

### **6.3.2 Вплив гірничих робіт на ґрунтовий масив та земну поверхню**

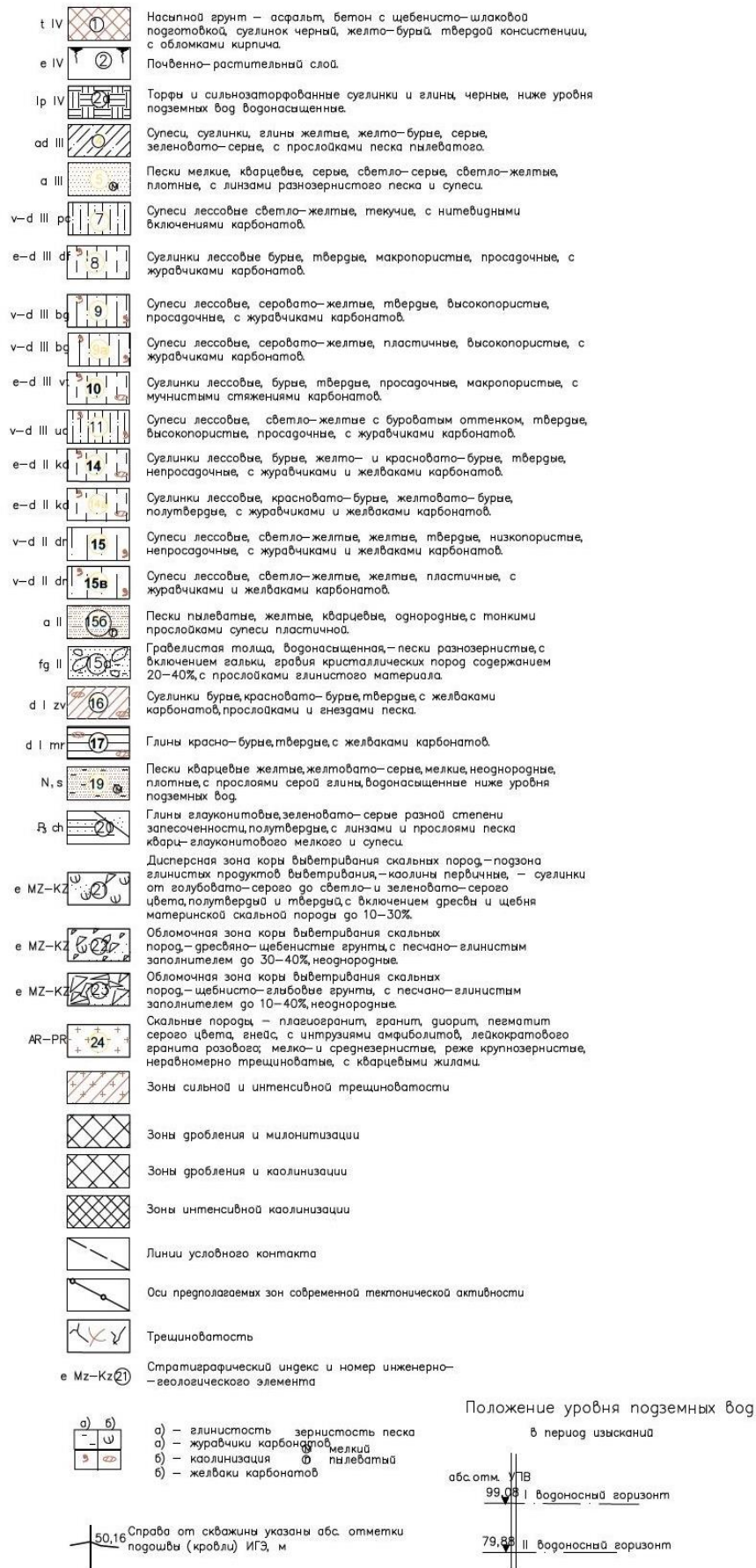
Практично по всій трасі перегінні тунелі будуть споруджуватись у скельних ґрунтах. Ведення буро-підривних робіт та виїмка породи призведе до перерозподілу напружень у гірському масиві та збільшенню тріщинуватості приконтурної зони. Враховуючи що скельні ґрунти мають пружно-крихку криву деформації, та в них практично повністю відсутні прояви реологічних чи пластичних властивостей, очікувані деформації контуру тунелю за розрахунком методом кінцевих елементів не перевищують 20 мм. Проте проектувальники заклали в проектну документації значно більші величини деформацій. Прийняті допустимі та максимальні деформації контуру тунелю, залежно від категорії стійкості та класу кріплення за Q-системою відображено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Максимальні деформації контуру тунелю

Категорія стійкості	I - II			III	IV	V
	I	II	III	IV	V	Va
Очікувані допустимі деформації, мм	15	20	50	80	100	100
Очікувані максимальні деформації в тунелі, мм	20	25	55	82	102	102







Мал.6.2. – Умовні позначення та виділені інженерно-геологічні елементи



### **6.3.3 Техногенні умови будівництва та виконання маркшейдерських спостережень**

Перегінні тунелі між станціями “Театральна” та “Центральна” розташовані безпосередньо під бульварною та проїзною частиною проспекту Дмитра Яворницького. На проспекті діє громадський транспорт: трамвай та тролейбус. Рух транспорту та людей на проспекті інтенсивний. Всі будинки, що виходять своїми фасадами на проспект попадають у зону потенційного впливу підземного будівництва. Більшість будинків знаходяться в експлуатації понад 50 років, а деякі понад 100 років. Також у зону впливу будівництва попадають будинки що є пам'ятками архітектури місцевого значення. Під поверхнею, на глибині від 1 до 3 м. знаходиться велика кількість різноманітних інженерних комунікацій: водогони, електричні кабелі, кабелі зв'язку, газопроводи, побутова та дощова каналізація. Деякі інженерні комунікації перетинали робочі ділянки, у зв'язку з чим було виконано їх перенесення.

Відповідно до уніфікованих умов складності при виконанні інженерно-геодезичних вишукувань для будівництва, додаток Г [5] геодезичні роботи відносяться до найвищої, п'ятої категорії складності, що обумовлено факторами забудови, насаджень дерев і факторами руху транспорту, пішоходів та наявністю інших перешкод. Так по забудові та насадженням маємо: щільність забудови понад 50%, будівлі складної конфігурації, велику кількість елементів благоустрою та ситуації, магістраль великого міста; по руху транспорту та пішоходів маємо: магістраль великого міста з інтенсивним рухом транспорту та пішоходів, задимленість і загазованість атмосфери, діючі будівельні майданчики.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			11

## **6.4 Склад і вимоги до оформлення проекту спостережної станції та послідовність його розробки**

### **6.4.1 Склад і вимоги до оформлення проекту спостережної станції**

Проект спостережної станції фактично є одним з розділів проекту виконання геодезичних робіт (ПВГР), що розробляється для всіх будівельних об'єктів категорії відповідальності ССЗ, та містить детальні вказівки щодо виконання всіх основних видів геодезичних робіт на будівельному об'єкті. ПВГР відноситься до проектної документації стадії "Р" (робоча документація, тому його зміст та оформлення маю відповідати вимогам [6, 11, 17]. Текст додатку Ж Зміни №1 [11], містить детальні вимоги щодо складу і змісту ПВГР, а також перелік розділів ПВГР. Відповідно пункту Ж.2. Зміни №1 [11] дев'ятий пункт переліку розділів ПВГР є "Геодезичний моніторинг деформацій будівлі (споруди), що містить наступні розділи:

- обґрунтування точності вимірювань деформацій і переміщень;
- проектування геодезичної основи для моніторингу;
- способи вимірювань та циклічність спостережень.

Також у Зміни №1 [11] міститься вказівка, що на період спостереження за деформаціями будинків та споруд в ПВГР повинні міститись відомості про: точність, методи, засоби й порядок виконання спостережень за деформаціями об'єктів, схема геодезичної мережі, точність і методії побудови, типи центрів знаків, графік виконання робіт. У якості виконавчої документації на кожний вид робіт у ПВГР наводяться форми-зразки (Зміна №1 [11]).

### **6.4.2 Етапи створення проекту спостережної станції**

Проект спостережної станції розробляється організацію, що буде виконувати роботи з геодезичного моніторингу на підставі технічного завдання на розробку ПВГР або окремо на спостережну станцію (у складі ПВГР) та проекту організації будівництва.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



Технічне завдання має містити чіткі вказівки щодо об'єктів які підлягають моніторингу деформацій, нормативних засад, особливих умов, періодичності, звітності та таке інше.

Основою для проекту спостережної станції є суміщений план проєктованих підземних споруд та земної поверхні із забудовою та інженерними комунікаціями створений на топографічному плані придатному для проєктування, відповідно вимог головного архітектурно-планувального управління міста. Також перед початком розробки проекту необхідно мати уявлення про технічний стан об'єктів спостереження, що дозволить встановити граничні допустимі параметри зрушень для них.

Після отримання всіх необхідних документів, звітів та частин проєктної документації виконується рекогностування місцевості для встановлення умов виконання робіт, місць придатних для закладення вихідних пунктів та реперів, доступності об'єктів спостережень і т.д.

Спираючись на результати рекогностування на топографічному плані будують бажану геодезичну мережу, виконують розрахунок очікуваних похибок вимірів та порівнюють їх з нормативними значення, обирають методи та прилади для спостережень за зрушеннями, розробляють зразки звітності відповідно циклам спостережень.

## **6.5 Визначення технічного стану будинків та споруд та встановлення допустимих деформацій**

### **6.5.1 Категорії технічного стан будинків**

Перед початком робіт із спостереження та визначення деформацій для споруд розташованих у зоні ймовірного впливу нового будівництва виконується низка підготовчих заходів, в тому числі визначення категорії технічного стану споруд, фіксації існуючих до початку будівельних робіт деформацій, їх проявів та передбачаються контрольні та конструктивні заходи для забезпечення безпечної експлуатації споруд, відповідно розділу 9 [28].

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Для визначення технічного стану та наявності деформацій і пов'язаних з ними дефектів виконується технічне обстеження споруд та будинків відповідно настанови [29].

Категорії технічного стану будівельних конструкцій та об'єктів визначаються за розділом 5 [29]. Технічний стан окремої будівельної конструкції характеризують однією з чотирьох категорій:

“1” - нормальний;

“2” - задовільний;

“3” - непридатний до нормальної експлуатації;

“4” - аварійний.

Для віднесення будівельної конструкції до тої чи іншої категорії передбачені відповідні критерії:

- Категорія “1” - фактичні зусилля в елементах та перерізах конструкції не перевищують допустимих з розрахунком, відсутні дефекти та пошкодження, які знижують несучу здатність і довговічність або перешкоджають нормальній експлуатації;
- Категорія “2” - за експлуатаційними якостями відповідає категорії “1”, проте мають місце часткові відхилення від вимог проекту, дефекти та пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції та потрібні заходи захисту конструкції, що не обмежує використання об'єкта за призначенням;
- Категорія “3” - не виконуються вимоги до категорій “1” та “2”, але аналіз дефектів і пошкоджень з первинними розрахунками встановлює можливість забезпечення її цілісності до проведення ремонту, підсилення або заміни;
- Категорія “4” - порушені вимоги першої групи граничних станів, аналіз дефектів та пошкоджень з первинними розрахунками показує неможливість гарантувати цілісність конструкції до проведення її

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			
					МС.ДП.19.04.6.ПЗ	14







## 6.6 Вибір методів спостережень та інструментів

Інструкція [3] передбачає визначення лише вертикальної складової зрушень (осідань), для чого передбачено виконання геометричного нівелювання. Проте пункт 4.7 [21] зазначає, щоу процесі вимірювання деформацій основ фундаментів повинні бути визначенні (окремо або спільно) величини:

- вертикальних переміщень (осідань, просідань, підйомів);
- горизонтальних переміщень (зсувів);
- кренів.

Потрібно зазначити, що для горизонтальних переміщень у нормативній літературі відсутні будь які значення допустимих величин, для контролю нормативно закріплені тільки значення осідань та кренів (відносна різниця осідань), що наведені у таблиці 6.1.

Розділ 6 [21] містить інформацію щодо методів вимірювань зрушень. Для вимірювання вертикальних переміщень передбачені наступні методи:

- геометричне нівелювання;
- тригонометричне нівелювання;
- гідростатичне нівелювання;
- фотограмметрія.

Для вимірювання горизонтальних переміщень передбачено методи:

- спостереження по створах;
- окремих напрямків;
- триангуляція;
- трилатерація;
- полігонометрія;
- координування за допомогою супутникових систем;
- фотограмметрію.

Таке різноманіття дозволяє обрати методи що будуть найбільш задовольняти вимогам проекту.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			18







Надалі допустимі похибки встановлюються за таблицею 8.2 [21].

Таблиця 6.3 – Допустимі похибки вимірювань (фрагмент таблиці 8.2 [21])

Клас точності вимірювань	Допустима похибка при вимірюванні переміщень, мм	
	вертикальних	горизонтальних
I	1	2
II	2	5
III	5	10

Ідентичні значення містяться у таблиці 8.1 [28].

Для вимірювань методом тригонометричного нівелювання [21] залежно від прийнятого класу, за виключенням I-го, встановлені допустимі похибки вимірювання відстаней і вертикальних кутів, див таблицю 6.4. Таким чином вимірювання методом тригонометричного нівелювання для I-го класу за точністю не передбачені.

Таблиця 6.4 – Визначення класу точності вимірювань.

Клас точності вимірювання	Допустимі похибки вимірювань			
	відстаней, мм, при значенні вертикальних кутів		вертикальних кутів при їх значеннях	
	до 10°	від 10° до 40°	до 10°	від 10° до 40°
II	7	1	2,5"	1,5"
III	15	3	5,0"	3,0"

Розглядаючи вимоги [21] треба зазначити, що забезпечити необхідну точність вимірювань для класу II сучасними приладами фактично неможливо.

Тах похибка вимірювання відстаней для більшості тахеометрів складає  $\pm(2,0 + 2 * L)$  мм, де L - вимірювана відстань в кілометрах, а похибка вимірювання вертикальних кутів залежить від точності роботи компенсатора (здебільше це 2'' - 3''), що в сукупності з іншими похибками дасть точність від 4'' до 5''.

### **6.6.2 Основні розрахункові формули для попереднього визначення точності вимірювань**

#### **6.6.2.1 Похибки геометричного нівелювання**

Похибка при геометричному нівелюванні найбільш за все залежить від похибки відліку по рейці.

В свою чергу похибка відліку по рейці складається декількох похибок:

- визначення відліку спостерігачем;
- від нахилу візирного променю;
- від відхилення рейки від прямовисного положення.

Похибку відліку по рейці[34] зазвичай визначають за формулою:

$$m_o = \pm\sqrt{m_v^2 + m_\tau^2} \quad (6.1)$$

дет $m_v$  - похибка визначення відліку спостерігачем;

$m_\tau$  - похибка від нахилу візирного променю.

$$m_v = \pm \frac{a}{v \cdot \rho} \cdot l \quad (6.2)$$

де  $a$  – граничний кут зору для людського ока, для робіт на поверхні приймається  $a = 60''$ ;

$v$  – збільшення візирної труби приладу;

$l$  – відстань від приладу до рейки;

$\rho$  – кількість секунд в радіані.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	22
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Для нівелірів з рівнем [35]:

$$m_{\tau} = \pm \frac{0,1 \cdot \tau}{\rho} \cdot l \quad (6.3)$$

дет – ціна ділення рівня.

У чисельнику формули фактично знаходиться кутова похибка встановлення візирного променя. Тому для нівелірів з автоматичним встановленням візирного променя можна записати:

$$m_{\tau} = \pm \frac{\tau}{\rho} \cdot l \quad (6.4)$$

дет – кутова похибка встановлення візирної осі, визначається за паспортом приладу.

За умов використання рейок із рівнем (ціна ділення круглого рівня для рейок РН-3 складає 12' на 2 мм), що пройшли метрологічну атестацію, похибка від відхилення рейки від прямовисного положення не перевищує 0,026 мм.

Похибка вимірюного перевищення на станції за умов збереження рівності плечей квадрат похибки вимірювання перевищення на станції дорівнюється двом квадратам похибки відліку по рейці [34]:

$$m_h^2 = 2 \cdot m_o^2 \quad (6.5)$$

або:

$$m_h = \pm m_o \cdot \sqrt{2} \quad (6.6)$$

За умов рівності відстаней між суміжними станціями похибка визначеної висоти кінцевого реперу можна визначити як:

$$m_{НК}^2 = m_{НВ}^2 + n \cdot m_h^2 \quad (6.7)$$

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

дет $m_{НК}^2$  – похибка висоти кінцевого реперу;

$m_{НВ}^2$  – похибка висоти вихідного реперу;

$n$  – кількість станцій.

Враховуючи винайдене значення похибки перевищення на станції маємо похибку висоти кінцевого реперу:

$$m_{НК}^2 = m_{НВ}^2 + 2 \cdot n \cdot m_o^2 \quad (6.8)$$

Значення осідань будуть розраховуватись як різниця висот деформаційних реперів від первинних спостережень та поточних. Вихідні репери будуть закладені поза межами зони ймовірних зрушень та нівелювання завжди буде спиратись на ті самі вихідні репери відтак похибка вихідного репера є несуттєвою та на кінець маємо:

$$m_{НК}^2 = 2 \cdot n \cdot m_o^2 \quad (6.9)$$

або:

$$m_{НК} = \pm m_o \cdot \sqrt{2 \cdot n} \quad (6.10)$$

#### 6.6.2.2 Похибки тригонометричного нівелювання

При виконанні тригонометричного нівелювання перевищення між двома пунктами визначається за формулою [35]:

$$h = L \cdot \sin\delta + i - v \quad (6.11)$$

Середня похибка визначення перевищення на станції складає[35]:

$$m_h = \pm \sqrt{\left(\frac{m_\delta}{\rho} \cdot L \cdot \cos\delta\right)^2 + (m_L \cdot \sin\delta)^2 + m_i^2 + m_v^2} \quad (6.12)$$

					МС.ДП.19.04.6.ПЗ	
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

де  $m_\delta$  – похибка вимірювання вертикального кута;

$m_L$  – похибка вимірювання похилої відстані;

$m_i$  – похибка визначення висоти інструменту над пунктом;

$m_v$  – похибка визначення висоти наведення або висоти візирної цілі.

Похибка вимірювання вертикального кута[34]:

$$m_\delta = \pm\sqrt{m_0^2 + m_v^2} \quad (6.13)$$

де  $m_0$  – похибка відліку за вертикальним кругом;

$m_v$  – похибка візування (наведення на ціль).

Для електронних тахеометрів з автокомпенсатором можна записати:

$$m_0 = \pm\sqrt{m_a^2 + m_k^2} \quad (6.14)$$

де  $m_a$  – похибка відліку за паспортом приладу;

$m_k$  – похибка роботи автоматичного компенсатору.

Похибка при наведенні на ціль[34]:

$$m_v = \pm\frac{a}{v} \quad (6.15)$$

де  $a$  – граничний кут зору для людського ока, для робіт на поверхні приймається  $a = 60''$ ;

$v$  – збільшення візирної труби приладу.

Повне значення похибки вимірювання відстані електронним тахеометром складається з похибки світлодалекоміра вмонтованого в прилад, похибки центрування приладу над пунктом і похибки встановлення відбивача. Похибка встановлення відбивача залежить від кута нахилу віхи і при використанні віхи з круглим рівнем висотою 1,5 м складатиме до 0,012 м. Таким чином похибка вимірювання відстані може бути визначена за формулою:

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	25
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



Для зазначених умов очікувана похибка може бути визначена за формулою 6.2, враховуючи технічні характеристики приладу та вимірянні: середній кут нахилу -  $5^{\circ}34'17''$ , середня похила відстань – 51,232 м. Так маємо:

$$m_L = \pm\sqrt{(1,5 + 2 \cdot 0,051)^2 + 0,8^2} = \pm 1,79 \text{ мм}$$

$$m_v = \pm \frac{60}{30} = \pm 2''$$

$$m_0 = \pm\sqrt{1^2 + 0,5^2} = \pm 1,12''$$

$$m_\delta = \pm\sqrt{1,12^2 + 2^2} = \pm 2,29''$$

$$m_h = \pm\sqrt{\left(\frac{2,29}{206265} \cdot 51232 \cdot \cos(5^{\circ}34')\right)^2 + (1,79 \cdot \sin(5^{\circ}34'))^2 + 2^2 + 2^2} =$$

$$= \pm\sqrt{0,5661^2 + 0,1738^2 + 2^2 + 2^2} = \pm 2,89 \text{ мм}$$

Після серії вимірювань було проведено розрахунки середньої похибки визначення висоти пункту, що в даних умовах повинна бути ідентична до теоретичної очікуваної похибки перевищення. Послідовність математичної обробки ряду рівноточних спостережень докладно описана у [1]. За додержання умов спостережень та виконання їх необхідної кількості виконуються обрахунки.

Проста арифметична середина визначається за формулою:

$$z_0 = \frac{[z]}{n} \quad (6.17)$$

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис						
									27

де  $[z]$  – сума отриманих за результатами вимірів висот;

$n$  – кількість незалежних рівноточних вимірювань.

Відхилення окремих отриманих значень від простої арифметичної середини:

$$v_i = z_i - z_0 \quad (6.17)$$

Для контролю знайденої арифметичної середини може бути використані рівняння:

$$[v] = 0 \quad \text{або} \quad [v] = n \cdot \beta \quad (6.18)$$

де  $\beta$  – похибка округлення значення  $z_0$ .

Середня квадратична похибка одного виміру:

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} \quad (6.19)$$

Надійність винайденої середньої квадратичної похибки оцінюється через її середню квадратичну похибку:

$$m_m \approx \frac{m}{\sqrt{2n}} \quad (6.20)$$

Знаходиться середня квадратична похибка простої арифметичної середини:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}} \quad (6.21)$$

Для зручності обробки розрахунки зведено в таблицю 6.5.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			
						28





- прийняті у [34, 35] значення похибок визначення висоти приладу та висоти візирної цілі ( $m_i = m_v = \pm 2$  мм) завеликі та не відповідають дійсності;
- похибка вимірювання кута для високоточних приладів здебільш залежить від здібності спостерігача фіксувати візирну ціль ( $m_v = \pm 2", m_0 = \pm 1,12"$ );
- відповідно [1] при виконанні подвійних спостережень (прямого та зворотного визначення перевищення) похибка зменшиться на  $\sqrt{2}$ , тобто будемо мати  $m' = 0,64$  мм;
- зменшити похибку тригонометричного нівелювання можливо за рахунок усунення найбільш ймовірних джерел похибок, наприклад, відмовитись від вимірювання висоти приладу та візирної цілі.

## **6.8 Розташування станції для спостереження за деформаціями земної поверхні при будівництві перегону між станціями “Театральна” та “Центральна”**

### **6.8.1 Ділянка робіт**

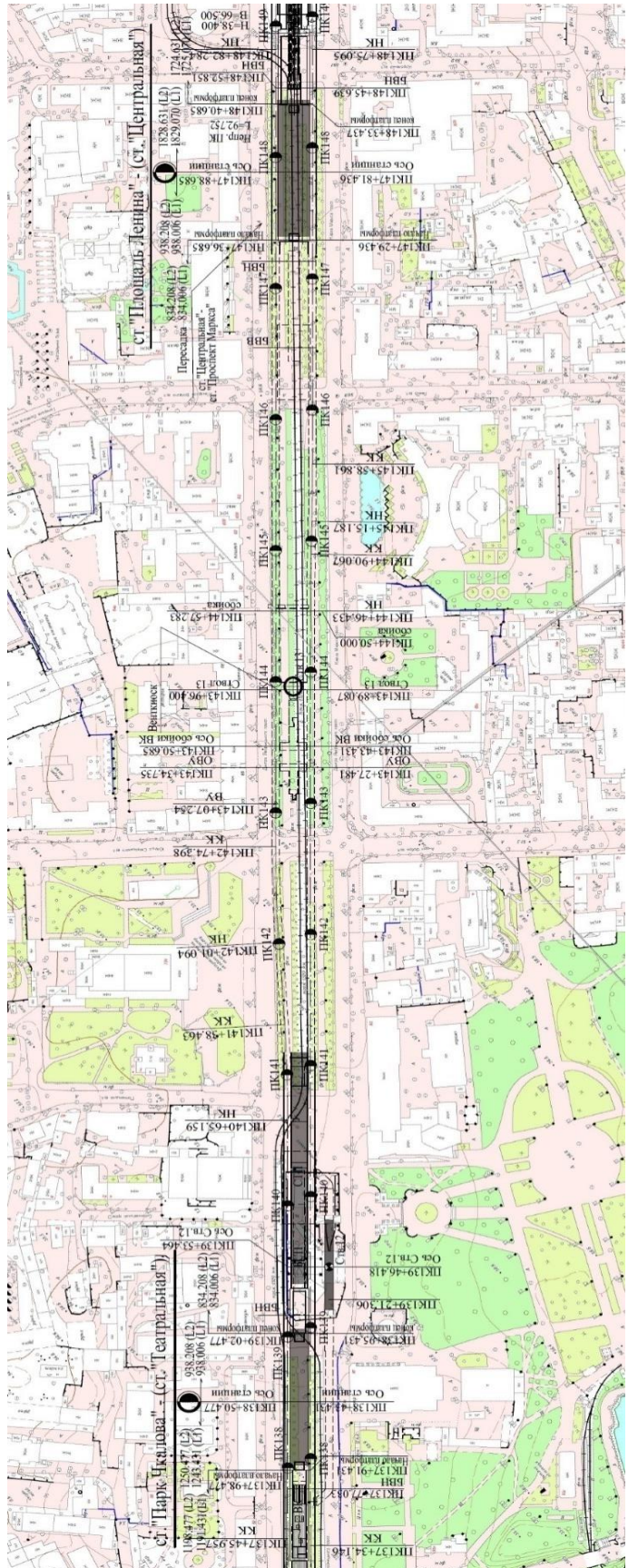
Ділянка робіт розташована у центральній частині міста, та охоплює частину проспекту Дмитра Яворницького та ділянки прилягаючих до нього вулиць. На мал. 6.4. представлено фрагмент суміщеного плану проєктованих підземних споруд та ситуації на поверхні.

### **6.8.2 Закладення вихідних пунктів полігонометрії та реперів**

Для вихідних реперів та пунктів полігонометрії при закладенні в умовах міста обирають місця за доступністю, на віддалені від потенційного впливу транспорту, вібрацій, тощо, з урахуванням їх збереження на строк експлуатації.

Детальні вимоги до вибору місць закладення пунктів полігонометрії для потреб будівництва містяться в [11]. Вихідні пункти полігонометрії можуть закріплюватись знаками зображеними на мал. 5.7.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			30



Мал. 6.4 – Ділянкавиконання робіт з геодезичного моніторингу

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис

МС.ДП.19.04.6.ПЗ

За наявності більш ніж п'яти метрової товщі просадочних ґрунтів, вбачається не раціональним закладання ґрунтових реперів, що будуть експлуатуватись понад п'ять років. Доцільно звернути увагу на стінні репери, які можливо закласти на будинках що мають свайні фундаменти, забезпечивши тим самим максимальну непорушність реперів на період експлуатації. Також можливе закладення стінних реперів на будинках з іншими типами фундаментів які давно знаходяться в експлуатації та досягли стабілізації ґрунтової основи. Перед закладанням реперу будинок треба оглянути на наявність прикмет, що свідчать про деформації його основи та конструкцій, такі як: тріщини, прогини та інші. Також необхідно погодити виконання робіт з власниками будівлі. Для закладення вихідних стінних реперів та деформаційних реперів було обрано єдину конструкцію, це сталевий костиль круглого перетину, діаметром 20 мм, довжиною 160 мм, один край загострений, інший має розширення, на якому зверху виконано отвір 2 мм. Костиль розташовується в підготовленому для нього отворі та фіксується клейовим або піщано-цементним розчином. Приклад закріпленого реперу на мал. 6.5.



Мал. 6.5 – Деформаційний репер у цегляній стіні

За відсутності впевненості у непорушності будівельних конструкцій будинків в межах ділянки закладення вихідних реперів можливо закладення глибинних реперів, конструкція яких передбачена [11], показана на мал. 6.6, що досягають шарів слабо стискальних ґрунтів.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	32
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			







це потенційні місця найбільших проявів осідань поверхні. Відтак на дослідній ділянці пропонується закладення ґрунтових реперів безпосередньо по трасах тунелів (або максимально близько до них) через кожні 50 м. Таке рішення дозволить виявити розвиток деформацій поверхні на ранній стадії та виявити максимальні значення деформацій.

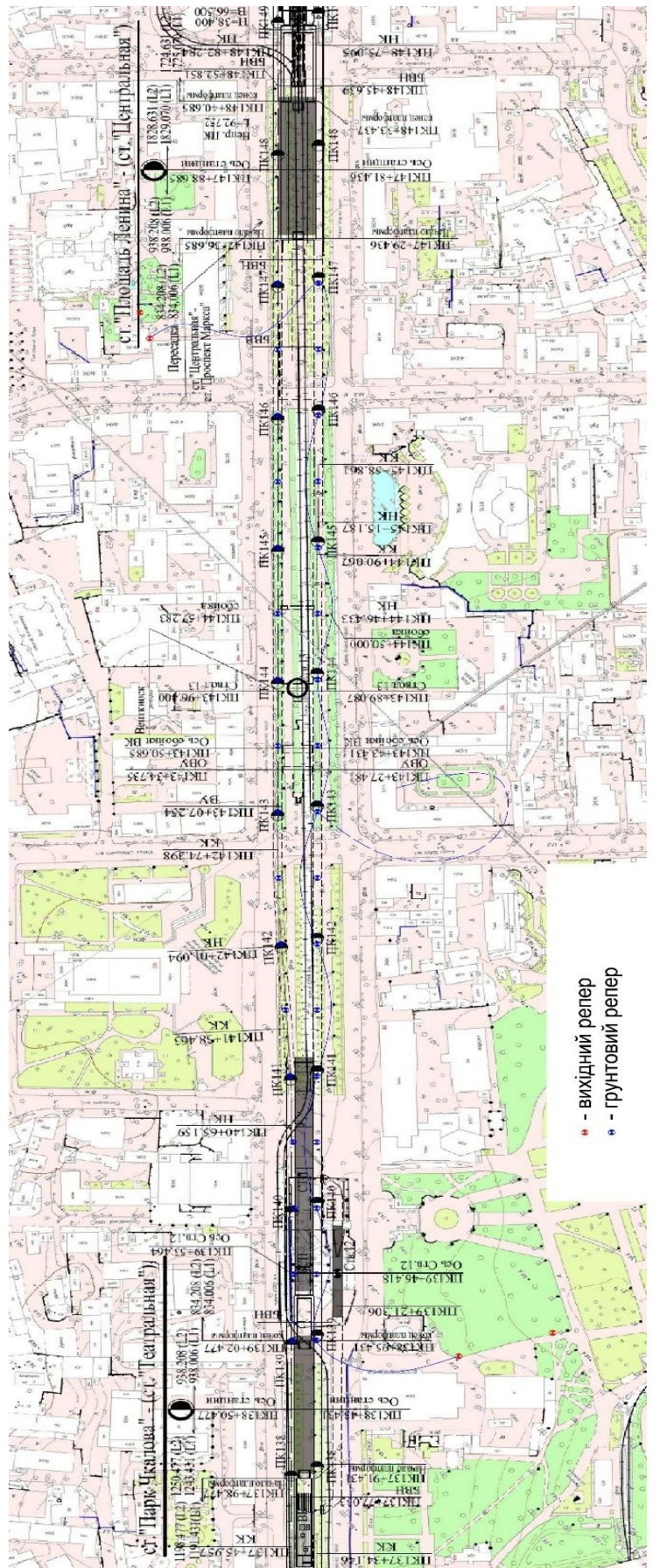
Конструкція ґрунтових реперів показана на мал.6.6. Також ці репери будуть використовуватись як основні при прокладенні нівелірних ходів періодичних спостережень.

На початку розташування реперів планується на топографічній основі, що дозволяє отримати очікувані параметри нівелювання (мал. 6.7). Та спрогнозувати найгірші умови доступу до деформаційних реперів, що будуть розташовані у внутрішніх дворах будинків. Так очікувані параметри основного нівелірного ходу наступні:

- довжина - 1010 м;
- кількість стоянок -10.

Для забезпечення доступу до деформаційних реперів у внутрішніх дворах будинків у найгіршому випадку прийдеться прокласти висячий хід з двох стоянок, загальною довжиною близько 220 м.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	35
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



Мал.6.8 – Закладення вихідних та ґрунтових реперів

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис

МС.ДП.19.04.6.ПЗ



## 6.9 Виконання спостережень та фіксація результатів

### 6.9.1 Геометричне нівелювання

#### 6.9.1.1 Вимоги до польових робіт з нівелювання

Відповідно до [21] для будинків що перебувають в експлуатації понад 50 років похибка визначення висот деформаційних реперів складає 1 мм. Для досягнення такої точності передбачається виконання нівелювання I-го класу за [21].

Таблиця 6.6 – Вимоги до виконання нівелювання [1]

Умови геометричного нівелювання		Основні технічні характеристики та допуски для геометричного нівелювання за класами			
		I	II	III	IV
Застосовувані нівеліри		високоточні		точні	
Застосовувані рейки		однобічні штрихові з інварною смугою та двома шкалами		двобічні шашкові	
Візорний промінь	Довжина, м, не більше ніж	25	40	50	100
	Висота над перешкодою, м, не менш ніж	1,0	0,8	0,5	0,3
Нерівність плечей на станції, м, не більш ніж		0,2	0,4	1,0	3,0
Накопичення нерівностей плечей, м, не більш ніж		1,0	2,0	5,0	10,0
Допустима нев'язка у замкненому ході, мм		$\pm 0,15\sqrt{n}$	$\pm 0,5\sqrt{n}$	$\pm 1,5\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$

Крім того, [21] передача відповідні методи роботи на станції:

I – подвійним горизонтом, методом суміщення, у прямому та зворотному напрямках незалежно від замикання ходу;

II – одним горизонтом, методом суміщення, у прямому та зворотному напрямках незалежно від замикання ходу;

III – одним горизонтом, методом наведення, замкнутий хід;

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис						
									37

IV – одним горизонтом, методом наведення.

*6.9.1.2 Очікувана похибка визначення висоти деформаційного реперу геометричним нівелюванням*

Інструкція [3] передбачає для спостереження за осіданнями використовувати метод геометричного нівелювання III-го класу за точністю. З дотриманням вимог [21], для найбільш віддаленого від вихідних деформаційного реперу маємо сім станцій при довжині плечей 50 м, отримаємо за формулами 6.2, 6.4, 6.1 та 6.10:

$$m_v = \pm \frac{60}{32 \cdot 206265} \cdot 50000 = 0,45 \text{ мм}$$

$$m_\tau = \pm \frac{0,9}{206265} \cdot 50000 = 0,22 \text{ мм}$$

$$m_o = \pm \sqrt{0,2025 + 0,0484} = 0,50 \text{ мм}$$

$$m_{zd} = \pm 0,50 \cdot \sqrt{2 \cdot 7} = 1,87 \text{ мм}$$

Враховуючи, що виміри відбуваються по чорній та червоній стороні рейки, відповідно [1] маємо:

$$m_{zd}^I = \frac{m_{zd}}{\sqrt{2}} = \frac{1,87}{\sqrt{2}} = 1,32 \text{ мм}$$

Підвищити точність вимірювань можливо виконуючи подвійні виміри на кожній станції при різних горизонтах приладу так кожне перевищення буде виміряно двічі, тому відповідно точність збільшиться:

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			38

$$m_{zd}^k = \frac{m_{zd}^I}{\sqrt{2}} = \frac{1,32}{\sqrt{2}} = 0,94 \text{ мм}$$

Якщо нівелювання I-го класу буде виконуватись за методикою передбаченою [21] кількість станцій збільшиться в двічі ( $n=14$ ), а завдяки мікрометру, точність взяття відліку збільшиться приблизно в п'ять раз, та будемо мати:

$$m_v = \pm \frac{60/5}{32 \cdot 206265} \cdot 50000 = 0,09 \text{ мм}$$

$$m_\tau = \pm \frac{0,3}{206265} \cdot 50000 = 0,07 \text{ мм}$$

$$m_o = \pm \sqrt{0,0081 + 0,0049} = 0,11 \text{ мм}$$

$$m_{zd} = \pm 0,11 \cdot \sqrt{2 \cdot 14} = 0,58 \text{ мм}$$

Враховуючи, що [21] для I-го класу передбачає виконання вимірів при двох горизонтах приладу та у прямому і зворотному напрямках кожне перевищення буде виміряно чотири рази, тому відповідно точність збільшиться [1]:

$$m_{zd}^k = \frac{m_{zd}}{\sqrt{4}} = \frac{0,58}{\sqrt{4}} = 0,29 \text{ мм}$$

Спираючись на виконанні розрахунки можливо зробити наступні висновки:

1. Точність передбачена [21] для I-го класу нівелювання є надмірною;
2. Для досягнення похибки визначення висоти деформаційного реперу в 1 мм, при використанні високоточного нівеліру та рейок зінварними смугами

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

достатнім буде визначення при одному горизонті приладу, що відповідає вимогам для II-го класу за [21];

3. Можливо досягти нормативної похибки визначення висоти деформаційного реперу в 1 мм, використовуючи точний нівелір та шашкові рейки за умов визначення перевищення на станції при двох горизонтах приладу, по чорній та красній стороні рейки.

### **6.9.2 Тригонометричне нівелювання**

#### **6.9.2.1 Способи підвищення точності тригонометричного нівелювання**

Розглядаючи вище отримані результати з точності визначення висот за допомогою традиційного тригонометричного нівелювання, треба зазначити, що навіть з отриманим фактичним значенням похибки при декількох станціях накопичення похибки буде значно перевищувати нормативний допуск [21]. Проте стає очевидним, що від деяких джерел похибок можливо позбавитись.

Розглянемо традиційну схему тригонометричного нівелювання, що виконується за допомогою електронного тахеометру, зображену на мал. 6.9. Основними джерелами похибок виміру перевищення будуть:

- похибка вимірювання висоти приладу;
- похибка встановлення заданої висоти відбивача;
- похибка вимірювання кута нахилу візирного променю;
- похибка вимірювання похилої відстані.

При використанні високоточних приладів, найбільші значення мають перші дві похибки, що обумовлені фізіологією людини – спостерігача.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	40
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			







$$m_h = \pm m_{hi}^I = \pm 0,57 \text{ мм}$$

Таким чином похибка визначення перевищення зменшиться в 2,5 рази.

Кількість станцій до найбільш віддаленого від вихідних деформаційного реперу, за такої схеми, буде дорівнювати семи. Припускаючи, що похибки на всіх станціях будуть однакові, для розрахунку похибки визначення висоти кінцевого реперу використаємо формулу 6.10.:

$$m_{zd} = \pm 0,57 \cdot \sqrt{2 \cdot 7} = 2,13 \text{ мм}$$

Розглядаючи отримані результати зазначимо:

1. Похибка визначення висоти деформаційних реперів з використанням традиційного тригонометричного нівелювання, перевищує нормативні вимоги;
2. Похибка визначення перевищення при розташування приладу між реперами зменшується в 2,5 рази у порівнянні з традиційною схемою тригонометричного нівелювання;
3. В окремих випадках, слід вважати припустимим комбінування геометричного нівелювання з тригонометричним із постановкою приладу між реперами, та не більше однієї станції.

### **6.9.3 Переваги та недоліки різних методів нівелювання**

Враховуючи високі вимоги до точності вимірювань слід виконувати спостереження за зміною висот деформаційних марок методом нівелювання II-го класу або III-го класу відповідно [21] зі зміною горизонту приладу на кожній станції.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			





- можливість визначити висоти для максимальної кількості деформаційних реперів.

#### **6.9.4 Планове знімання**

Визначення планових координат деформаційних реперів на будинках та ґрунтових реперів дозволить визначити наявність горизонтальних переміщень. Проте нормативно не закріплені вимоги щодо допустимих для будинків горизонтальних зрушень. При цьому планове знімання потребує значних затрат часу та людських ресурсів, а результатом буде тільки констатація факту наявності чи відсутності та величин горизонтальних зрушень. Тому при створенні програми робіт [36] було прийнято та зафіксовано рішення, що даний вид робіт буде виконуватись тільки при виявленні вертикальних зрушень та на етапі первинних спостережень, одноразово, для фіксації початкового стану.

Планове знімання буде складатись з:

- прокладання полігонометричного ходу між пунктами розташованими по за межами зони очікуваних деформацій, відповідно вимог до основної полігонометрії [3];
- визначення просторового положення деформаційних реперів на будинках та ґрунтових реперів методом тахеометричного знімання;
- прокладення коротких, не більше двох сторін, висячих ходів, якщо неможливо виконати знімання деформаційних реперів з пунктів основного ходу.

#### **6.9.5 Звітність**

За результатами спостережень формуються звіти. Умовно звіти можливо поділити на:

Первинний – містить детальну інформацію про фактичні місця закладення вихідних, деформаційних та ґрунтових реперів, результати первинного нівелювання та його контролю.

					<i>МС.ДП.19.04.6.ПЗ</i>	47
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Проміжні – формуються відповідно графіку виконання робіт та відображають динаміку розвитку процесу зрушень.

Позачергові – розробляються у разі виникнення аварійних ситуацій, розвитку понаднормових деформацій споруд тощо.

Підсумковий – готується після закінчення процесу зрушень, містить всю інформацію накопичену за час спостережень.

Додаток Ж [21] містить зразок відомості горизонтальних та вертикальних переміщень деформаційних та ґрунтових реперів для циклів спостережень. Додаток Г [21] містить зразки графічного оформлення результатів спостережень за деформаціями основ фундаментів, в тому числі епюри переміщень.

Інструкція [3] містить детальні вказівки щодо ведення каталогів вихідних реперів, деформаційних реперів, а також умовних позначень для будинків за розвитком деформацій.

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі покроково розглянуто процес створення проекту станції для спостережень за зрушеннями та деформаціями в умовах міської забудови при будівництві перегінних тунелів метрополітену.

Для проекту спостережної станції визначено: нормативні засади, умови виконання робіт, вимоги щодо точності геодезичних вимірів, технічні аспекти створення спостережної станції, встановлено форми звітності. Враховуючи високі вимоги до точності вимірювань слід виконувати спостереження за зміною висот деформаційних марок методом нівелювання II-го класу або III-го класу відповідно [21] зі зміною горизонту приладу на кожній станції. В окремих випадках слід комбінувати геометричне нівелювання з тригонометричним з використанням високоточного електронного тахеометру за умов, що перевищення тригонометричним методом з постановкою приладу між реперами буде застосовуватись лише на одній станції, безпосередньо для визначення висот деформаційних реперів.

					<i>МС.ПД.19.04.В.ПЗ</i>		
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				1	1
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>			<b>Висновки</b> 184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>					

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Большаков В.Д. Теория ошибок наблюдений с основами теории вероятностей., М. “Надра”, 1965 р.
2. ВСН 126-90 Крепление выработок нарызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. - Вид. офіц. - М., Мінтрансбуд, 1990 р.
3. ВСН 160-69 Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей. - Вид. офіц. - М., Мінтрансбуд, 1970р.
4. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки. - Вид. офіц. - М., ВЦРПС СРСР, 1984 р.
5. ДБН А.2.1-1-2008 Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва. - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018 р.
6. ДБН А.3.1-5-2016 Організація будівельного виробництва. - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016 р.
7. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2009 р.
8. ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2002 р.

					<i>МС.ПД.19.04.П.ПЗ</i>		
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Дуднік О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. розділу</i>		<i>Беліченко О.В.</i>				1	4
<i>Керівник</i>		<i>Беліченко О.В.</i>			Перелік посилань 184 Гірництво 184м-18-2		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бруй Г.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Кучин О.С.</i>					

9. ДБН В.1.2-12-2008 Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки.- Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008 р.

10. ДБН В.1.2-5:2007 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2007 р.

11. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2010 р.

12. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018 р.

13. ДБН В.2.3-7-2018 Метрополітени. Основні положення - Вид. офіц. - Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018 р.

14. ДержСанПін 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів.- Вид. офіц. - Київ, 1996 р.

15. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.- Вид. офіц. - Київ, 1999 р.

16. ДСТУ Б А.2.4-13:2009 Умовні графічні зображення та умовні позначки в документації з інженерно-геологічних вишукувань. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2009 р.

17. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2009 р.

					<i>МС.ДП.19.04.П.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

18. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпека. Загальні вимоги. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2013 р.

19. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2013 р.

20. ДСТУ Б В.2.1-2-1996 (ГОСТ 25100-1995) Ґрунти. Класифікація. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 1996 р.

21. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2014 р.

22. ДСТУ Б В.2.1-7-2000 (ГОСТ 20276-99) Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформованості. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2000 р.

23. ДСТУ Б В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12-71-2000) Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування та зберігання зразків. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2001 р.

24. ДСТУ Б.А.2.4-17:2009 Основи та підвалини будинків та споруд. Ґрунти. Метод лабораторного визначення фізичних властивостей. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2009 р.

25. ДСТУ ГОСТ 2.855:2011 Гірнична графічна документація. Умовні позначення гірських виробок. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2011 р.

26. ДСТУ ISO 6309:2007 “Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір”. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2007 р.

27. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об’єктів будівництва. - Вид. офіц. - Київ, Держспоживстандарт України, 2013 р.

					<i>МС.ДП.19.04.П.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			





38. Технічний звіт про створення планово-висотної геодезичної мережі по проекту “Завершення будівництва метро в м. Дніпро”, ДП “Укргеодезмарк” ПАТ “Київметробуд”, м.Київ, 2017 р.

39. Технический отчет по результатам опережающего бурения разведочных скважин солбазабоя по правому перегонному тоннелю Ствол №11 ПК132+05,6, ДП “Дніпрометропроект”, м.Дніпропетровськ, 2004 р.

40. СП №3077-84 Санітарні норми межі шуму на території житлової забудови. М., Міністерство охорони здоров'я СРСР, 1984 р.

41. Engineer Manual 1110-202901  
Tunnels and shafts in rock Department of the Army. U.S. Army Corp of Engineers.  
Washington, DC 20314-1000/ 30 May 97.

42. NATM The Austrian Practice of Convention Tunnelling.  
Austrian Society for Geomechanics, Salzburg, October 2010. ISBN 978-3-200-01989-8.

					<i>МС.ДП.19.04.П.ПЗ</i>	
<i>Ізм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			4