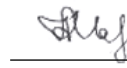


**ПЛАНУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЄКТУ ВИКОНАННЯ РОБІТ З
БУДІВНИЦТВА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТУНЕЛЮ**

пояснювальна записка і розрахунки до
дипломного проєкту бакалавра

ДПБ 111.00.00.000.ПЗ

Розробила студентка групи 132-БМ-Д22
спеціальності 192 «Будівництво і
цивільна інженерія» (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)



(підпис)

Маргарита ПАРАСОЧКА

Керівник:

професор кафедри, док. техн. наук,
професор



(підпис)

Людмила ТРИКОЗ

Рецензент:

професор кафедри, док. техн. наук,
професор



(підпис)

Андрій ПЛУГІН

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет	будівельний
Кафедра	будівельних матеріалів, конструкцій та споруд
Рівень вищої освіти	перший
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	19 Архітектура та будівництво
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
професор, д-р техн. наук



Дмитро ПЛУГІН

«___»_____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Парасочки Маргарити Валеріївни

1 Тема проєкту «Планування та оптимізація проєкту виконання робіт з будівництва залізничного тунелю»

Керівник Трикоз Людмила Вікторівна, д-р. техн. наук, професор
затверджені розпорядженням по будівельному факультету
від "12" травня 2025 року № 6.

2 Строк подання студентом проєкту " 09" червня 2025 року.

3 Вихідні дані загальний опис проєкту; технологічна послідовність будівництва; характеристика району будівництва; обмеження проєкту.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Загальна характеристика та техніко-економічні показники об'єкта будівництва. 2. Модель управління проєктом будівництва: визначення складу операцій, створення ієрархічної структури робіт, визначення послідовності та взаємозв'язків робіт, оцінка тривалості робіт і проєкту в цілому, розробка сітьового графіка і розкладу проєкту. 3. Оптимізація часу, ресурсів та вартості проєкту, ідентифікація ризиків проєкту.

5 Перелік графічного матеріалу

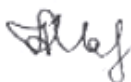
Схема декомпозиції проєкту, сітьовий графік проєкту, модель управління проєктом будівництва (діаграма Ганта), схеми оптимізації часу, ресурсів та вартості проєкту, схема ідентифікації ризиків проєкту.

6 Дата видачі завдання " __12__ " __травня__ 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Загальна характеристика та техніко-економічні показники об'єкта будівництва	12-22.05.2025	
2	Модель управління проектом будівництва	23-31.05.2025	
3	Оптимізація часу, ресурсів та вартості проекту, ідентифікація ризиків проекту	01-09.06.2025	

Студентка



Маргарита ПАРАСОЧКА

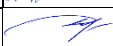
Керівник



Людмила ТРИКОЗ

Зміст

Вступ	3
1. Загальні характеристики і техніко-економічні показники об'єкта будівництва	4
2. Модель управління проектом будівництва	5
2.1. Визначення складу операцій. Створення ієрархічної структури робіт	6
2.2. Визначення послідовності та взаємозв'язків робіт. Створення сіткового графіка	7
2.3. Оцінювання тривалості робіт і проекту в цілому	8
2.4. Розроблення розкладу проекту	24
2.5. Управління ресурсами проекту	29
2.6. Управління вартістю проекту	31
2.7. Контроль витрат проекту	38
3. Управління ризиками проекту	41
Висновки	42
Список використаних джерел	43

					ДПБ 111.00.00.000.ПЗ			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконала	Парасочка М.В.				Планування та оптимізація проекту виконання робіт з будівництва залізничного тунелю	Стадія.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Трикоз Л.В.					ДП	2	32
Н.конт	Герасименко О.С.					УкрДУЗТ гр. 132-БМ-Д22		
Затв	Плугін Д.А.							

ВСТУП

Будівельні проекти – це складні, трудомісткі заходи. Зазвичай розвиток проекту складається з декількох етапів із залученням широкого спектра спеціалізованих послуг. На шляху від початкового планування до завершення кожен проект проходить послідовні та окремі етапи, які потребують участі таких різних сторін, як фінансові організації, державні установи, інженери, архітектори, юристи, страхові та гарантійні компанії, підрядники, виробники і постачальники матеріалів та обладнання, а також будівельні фахівці. Під час самого процесу будівництва навіть невеликий за обсягом проект передбачає використання багатьох навичок, матеріалів і сотень різних операцій. Процес виконання має відбуватися в природному порядку подій, який є складною схемою індивідуальних часових вимог і обмежувальних послідовних зв'язків між багатьма сегментами проекту.

Кожен будівельний проект значною мірою унікальний – не буває двох однакових проектів. За своєю специфікою кожна споруда пристосована до навколишнього середовища, влаштована так, щоб виконувати свою функцію, і спроектована так, щоб відображувати особисті смаки та вподобання. Особливості будівельного майданчика і можливості для творчої варіації навіть найбільш стандартизованого будівельного продукту поєднано, щоб зробити кожен будівельний проект новим і відмінним від інших. Підрядник створює свою «фабрику» на будівельному майданчику і значною мірою будує кожну споруду на замовлення. Однак, незважаючи на нескінченну різноманітність будівельних проектів, будівельні процеси мають тенденцію бути однаковими і послідовними від об'єкта до об'єкта. Кожна робота проходить через процеси розгортання та закриття. Отже, основну увагу в управлінні будівництвом зараз приділяють розумінню та більш ефективному управлінню будівельними процесами.

						ДПБ 111.00.00.000.ПЗ	Аркуш
							3
Змін.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

1. Загальні характеристики і техніко-економічні показники об'єкта будівництва

Проект передбачає будівництво одноколіїної ділянки нової залізниці протяжністю 50 км допоміжних споруд. Залізниця перетинає гірську місцевість, де буде побудовано тунель протяжністю 500 м. Також залізниця буде побудована через невелику гірську річку, потік якої не дуже сильно змінюється залежно від пори року. Перетинання з річкою заплановано у вигляді водопропускної труби діаметром 1 м. Будівельний майданчик охоплює значну географічну незабудовану і незаселену територію.

Район проектування – Львівська область. Початковий пункт – Ягодин. Кінцевий пункт – Ковель. Довжина лінії, км – 85. Керівний ухил, ‰ – 10. Кількість головних колій – 1 (розглядається можливість розширення до двох). Вид тяги – тепловозна. Рухомий склад – М62. Довжина приймально-відправних колій – 900 м. Система СЦБ – АБ. Верхня будова колії: Тип рейок – Р65. Тип шпал – залізобетон. Баласт, см – щебінь/пісок – 35/20. Маса поїзда: вантажного – 4000, пасажирського – 800 т. Ширина земляного полотна – 7 м.

За проектом передбачено будівництво одноколіїного залізничного тунелю довжиною 500 м з можливістю подальшого розширення до двоколіїного. Тунель проходить у ґрунтах 6 групи, з розробкою отвору без улаштування фундаментів. Конструктивні елементи тунелю: Монолітні залізобетонні стіни, що влаштовуються секціями по 10 м довжиною. Аркова стеля (калотта) дугоподібної форми висотою 2,5 м, яка переходить у склепінчасту частину. Повна висота тунелю – 6,5 м, з яких 4 м призначено для габариту руху поїздів, а 2,5 м – для поршневої вентиляції. Ширина тунелю – 8,5 м, що дозволяє у перспективі влаштування другої колії. Товщина облицювання, включаючи гідроізоляцію та склепінчасту конструкцію, становить 0,5 м.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Вхідні та вихідні портали тунелю виконані з монолітного залізобетону, армованого за типом конструкції ПП-8.5.6 (портальна плита, ширина 8,5 м, висота 6 м), з улаштуванням монолітного каркаса та облицювання.

Укісні крила призначені для утримання укосів та плавного переходу від насипу до тунельного отвору. Прийнято типові залізобетонні елементи марки УК 8.5/4.0, розмірами 8500×4000×300 мм, армовані сітками класу А500, з масою одного блоку близько 4,2 т.

2. Модель управління проектом будівництва

2.1 Визначення складу операцій. Створення ієрархічної структури робіт

Кожній операції проекту відповідає окрема будівельна робота або група робіт, виконувана одним виконавцем, що має конкретний результат (наприклад підготовчі роботи, улаштування фундаментів, зведення каркаса, внутрішні роботи тощо). Виконуючи декомпозицію робіт у моделі проекту, слід деталізувати її до рівня будівельних робіт, вказуючи всі основні види будівельних робіт. Мінімальна кількість робіт у змісті проекту – сім операцій. Схему структури робіт на стадії виконання проекту наведено на Малюнку 1.

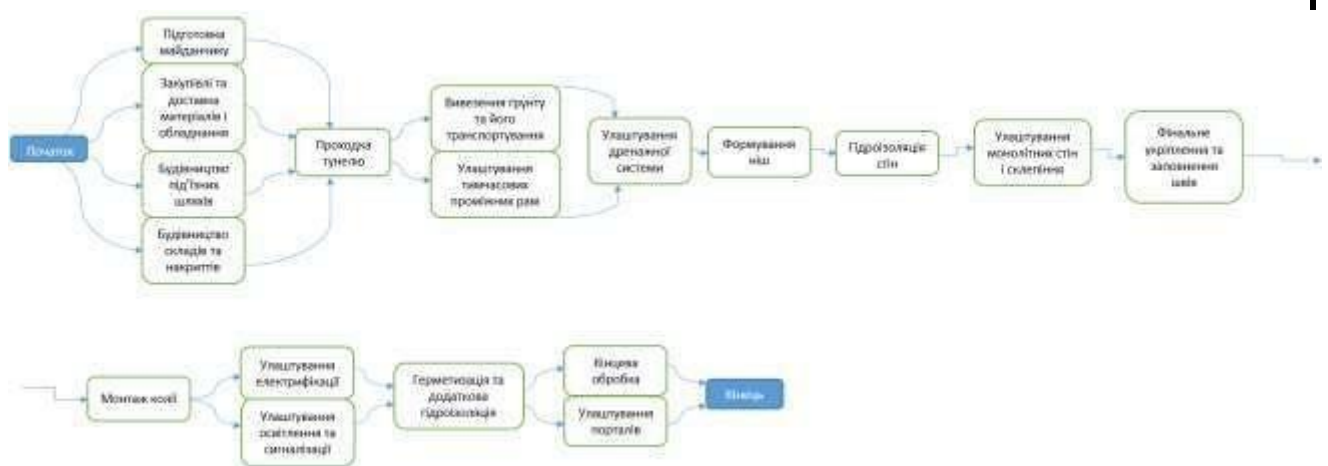


Малюнок 1. Схема декомпозиції проекту

2.2 Визначення послідовності та взаємозв'язків робіт. Створення сіткового графіка

Графічне відображення робіт проєкту і їхніх зв'язків називають сітковими графіками. Вони відображують модель проєкту в графічному вигляді як безліч вершин, відповідних роботам, пов'язаних лініями, що являють собою зв'язки між роботами. Методи аналізу сіткового графіка дають змогу проаналізувати проєкт, який містить велику кількість взаємопов'язаних операцій, – визначити можливу тривалість виконання робіт, їхню вартість, можливі розміри економії часу або коштів, а також те, виконання яких операцій не можна відтермінувати, не затримавши при цьому термін виконання проєкту в цілому.

Сітковий графік обраного проєкту можна розглянути на Малюнок 2.



Малюнок 2. Сітковий графік укладання тунелю

2.3 Оцінювання тривалості робіт і проєкту в цілому

Тривалість роботи визначає час, який передбачено витратити на її виконання.

Плануючи реалізацію проєкту, необхідно визначити розрахункову тривалість операцій проєкту, яка може бути пов'язана з певними контрольними подіями, встановленими нормативними термінами будівництва або директивними термінами реалізації всього проєкту. Тривалість операцій має враховувати тривалість технологічних процесів і регламентовані терміни виконання адміністративних процедур.

Тривалість роботи визначається за формулою 1.

$$T = \frac{V}{B} \times N \times \frac{1}{n \times m} \quad (1)$$

де V – об'єм роботи у фізичних одиницях;

B – вимірник роботи згідно КНУ РЕКНБ [1];

N – витрати труда робітників-будівельників на одиницю згідно КНУ РЕКНБ [1];

n – кількість робітників;

m – кількість годин робочої зміни на день (для початкових розрахунків приймаємо 6 годин).

2.3.1. Підготовчі роботи

2.3.1.1 Підготовка майданчика (вирубка дерев, вирівнювання, дренаж) – 20 днів.

2.3.1.2 Закупівлі матеріалів та обладнання, їхня доставка – 15 днів.

2.3.1.3 Будівництво під'їзних шляхів – 25 днів.

2.3.1.4 Будівництво складів та накриттів – 20 днів.

2.3.2. Проходка тунелю

Об'єм тунельного отвору під проходку визначаємо за формулою 2.

$$V = (a \times b + l) \times L \quad (2)$$

де a – висота отвору штроси, м;

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

b – ширина отвору штроси, м;

l – площа калотти, м;

L – довжина тунелю, м.

Площа калотти визначаємо за формулою 3.

$$l = \frac{r^2}{2} \times (\Theta - \sin \Theta) \quad (3)$$

де r – радіус дуги, м;

Θ – кут дуги калотти, рад.

Кут дуги визначається за формулою 4.

$$\Theta = 2 \times \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) \quad (4)$$

де r – радіус дуги, м;

h – висота дуги, м.

Кут дуги калотти дорівнює:

$$\Theta = 2 \times \arccos\left(\frac{5,26-3}{5,26}\right) = 2,254 \text{ рад}$$

Площа калотти складає:

$$l = \frac{5,26^2}{2} \times (2,254 - \sin 2,254) = 20,44 \text{ м}^2$$

Ширина одноколійного залізничного тунелю з можливістю розширення ще на одну колію – 8,5 м.

Повна висота тунелю 6,5 м. Для руху потягів відведено 4 м, решта використовується для вентиляції, типу поршнева. Стеля тунелю (калотта) виконана дугою, висотою 2,5 м.

Товщина облицювання з гідроізоляцією та склепінням сумарно складає 0,5 м.

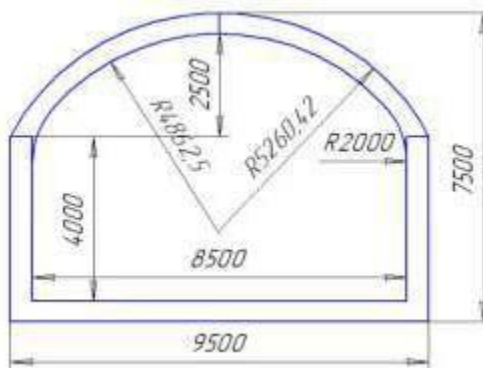
Довжина тунелю складає 500 м.

Об'єм тунельного отвору під проходку становить:

$$V = (4,5 \times 9,5 + 22,44) \times 500 = 32595 \text{ м}^3$$

Схема розмірів отвору тунелю, що розроблятиметься, наведений на Малюнку 3.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Малюнок 3. Схема розмірів тунелю, що розробляється

2.3.2.1 Розробка тунельного проходу

Тунель буде розроблятися буро-вибуховим методом. Цикл прокладування займає добу: буріння шпурів, закладка вибухівки, підрив, вентиляція забою, відвантаження породи, армування (так званий “новоавстрійській” спосіб).

Проходка відбуватиметься поетапно, двома частинами.

Спочатку буде влаштована калотта – верхня частина вибою при проходженні тунелів, кругле склепіння.

Наступною відбуватиметься виробка штраос – нижня частина тунельної виробки, в якій зводять стіни і лоток (зворотне склепіння) тунелю. Для послаблення тиску, контролю стійкості гірського масиву, полегшення подальшої розробки породи та забезпечення безпечного та рівномірного навантаження на кріплення спочатку буде розроблено бокові штраси, а вже потім центральна частина.

Більш наглядно схема розділення тунелю на секції буде подано на Малюнку 4.



Малюнок 4. Схема секційного розділення тунелю

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість роботи розробки калотти тунелю:

$$T = \frac{22,44 \times 500}{100} \times 1171,66 \times \frac{1}{65 \times 6 \times 2} = 168,54 = 169 \text{ дні}$$

Тривалість роботи розробки бічних штрос тунелю (у кількості 2 шт):

$$T = \frac{6 \times 2 \times 500}{100} \times 447,52 \times \frac{1}{40 \times 6 \times 2} = 55,94 = 56 \text{ дні}$$

Тривалість роботи центральної штроси тунелю:

$$T = \frac{22 \times 500}{100} \times 193,68 \times \frac{1}{30 \times 6 \times 2} = 59,18 = 59 \text{ дні}$$

Усього розробка отвору тунелю буде складати: $169 + 56 + 59 = 284$ днів (послідовним методом), або 172 днів (паралельним).

2.3.2.2 Видалення ґрунту та його транспортування

Згідно зі Збірником, видалення ґрунту входить у витрати труда проходки отвору тунелю, з чого виходить, що вивезення відбувається одночасно з розробкою тунелю.

Тривалість роботи з видалення ґрунту при розробці отвору тунелю:

Не розраховується, бо не є окремою роботою

Тривалість роботи з транспортування ґрунту з будівельного майданчика дорівнює:

$$T = \frac{32595}{100} \times 131,63 \times \frac{1}{35 \times 6 \times 2} = 102,15 = 102 \text{ дні}$$

2.3.2.3 Улаштування тимчасових проміжних металевих рам

Ґрунт, у якому відбувається розробка тунелю належить 6 групі ґрунтів.

Згідно з будівельними класифікаціями, ґрунти 6-ї групи — це тверді скельні породи, які:

- мають високу міцність,
- погано піддаються розробці без підриву або важкої техніки,
- тримають форму навіть без тимчасового кріплення на короткий час.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У конструкції тимчасової проміжної опорної рами, призначеної для забезпечення стійкості під час проходки тунелю, передбачається використання наступних металевих елементів:

а. Швелер UPE 200

Використовується для підтримки дугової частини стелі (калотти) тунелю. Конструкція складається з чотирьох елементів довжиною по 2,5 м та одного елемента довжиною 1,75 м.

Загальна довжина становить:

$$L_r = 4 \times 2,5 + 1,75 = 11,75 \text{ м}$$

Маса профілю — 22,8 кг/м (0,0228 т/м).

б. Двотаврова балка 30Б2

Використовується як горизонтальний ригель, що передає навантаження від арки на вертикальні елементи. Складається з двох елементів довжиною по 4,66 м.

Загальна довжина становить:

$$L_r = 2 \times 4,66 = 9,32 \text{ м}$$

Маса профілю — 36,6 кг/м (0,0366 т/м).

с. Двотаврова балка 20Ш1

Служить як вертикальні стійки, що підтримують ригель або арочні елементи. Використано два елементи довжиною по 2,99 м.

Загальна довжина становить:

$$L_r = 2 \times 2,99 = 5,98 \text{ м}$$

Маса профілю — 30,6 кг/м (0,0306 т/м).

д. Двотаврова балка 30Ш1

Застосовується для підтримки елементів арки або як додаткове підсилення. Використовується один елемент довжиною 4,45 м.

Загальна довжина становить:

$$L_r = 1 \times 4,45 = 4,45 \text{ м}$$

Маса профілю — 53,6 кг/м (0,0536 т/м).

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

е. Швелер UPE 270

Застосовується як вертикальні стійки вздовж стін, а також як діагональні підкоси, що стабілізують конструкцію. Використовується два елементи довжиною 4,45 м та два — довжиною 2,17 м.

Загальна довжина становить:

$$L_r = 2 \times 4,45 + 2 \times 2,17 = 13,34 \text{ м}$$

Маса профілю — 35,2 кг/м (0,0352 т/м).

Маса усієї рами, що складається з елементів різних типів дорівнює:

$$M = (11,75 \times 0,0228) + (9,32 \times 0,0366) + (5,98 \times 0,0306) + (4,45 \times 0,0536) + (13,34 \times 0,0352) = 1,5 \text{ т}$$

Для визначення кількості рам на довжину усього тунелю використовується формула 6.

$$N = \frac{L}{n} + 1 \quad (6)$$

де L — довжина тунелю, м;

n — крок установки рам.

При кроці в 1,25 метр кількість рам становить:

$$N = \frac{500}{1,25} + 1 = 401 \text{ шт}$$

Використання металу на тимчасові проміжні опорні рам вздовж усього тунелю визначається за формулою 7.

$$M_3 = N \times M \quad (7)$$

Усього приблизно буде використано металу для влаштування тимчасових проміжних опорних рам вздовж тунелю дорівнює:

$$M_3 = 401 \times 1,5 = 601,5 \text{ т}$$

Тривалість роботи з улаштування тимчасових проміжних металевих рам дорівнює:

$$T = \frac{601,5}{1} \times 21,33 \times \frac{1}{15 \times 6 \times 2} = 71,28 = 71 \text{ дні}$$

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2.4 Улаштування дренажної системи

З метою забезпечення надійного відведення ґрунтових та інфільтраційних вод, у тунелі передбачено улаштування дренажної системи, що складається з водовідвідних каналів з використанням збірних залізобетонних блоків. Канави розташовуються по обидва боки тунелю вздовж підшови, з ухилом у напрямку водозбірних пунктів.

Схема водовідвідних каналів з використанням збірних залізобетонних блоків представлена на Малюнку 6.

Рис.4.8. Схема влаштування «лотка в лотку»:

1- аеродромне покриття; 2- вимощення; 3- лоток в лотку

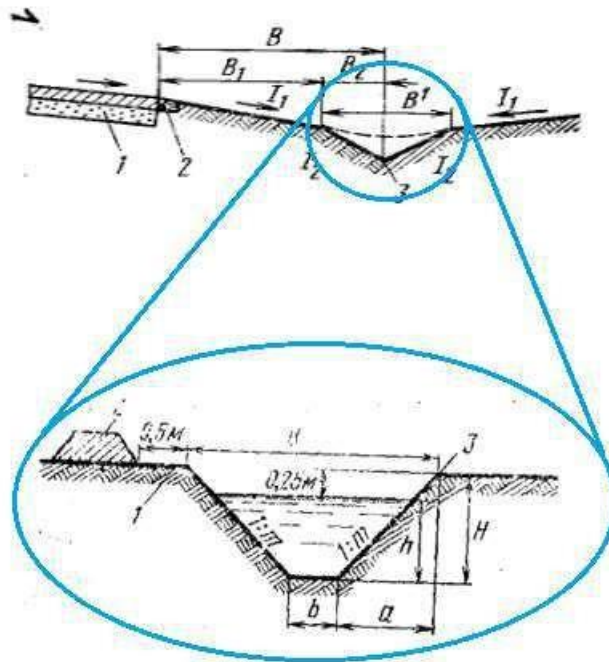


Рис. 4.5. Поперечний розріз водовідвідної каналі:

1-берма; 2-кавальєр; 3-брівка

Малюнок 6. Схема водовідвідної каналі

Тривалість роботи з улаштування дренажної системи дорівнює:

$$T = \frac{2 \times 500}{100} \times 133,51 \times \frac{1}{8 \times 6} = 22,25 = 22 \text{ дні}$$

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2.5 Формування та укріплення ніш

У конструкції тунелю передбачається влаштування експлуатаційних та сервісних ніш, які формуються під час проходки або безпосередньо після встановлення тимчасових конструкцій, до початку улаштування постійного облицювання. Ніші виконуються для розміщення технічного обладнання, елементів систем електропостачання, зв'язку, вентиляції або як аварійні укриття для обслуговчого персоналу.

Конструктивно ніші влаштовуються у бічних штросах з мінімальним порушенням стійкості масиву. Передбачено укріплення зон навколо ніш — як тимчасовими (металевими рамами, анкерами), так і постійними (об'ємне бетонування) елементами.

Кожна ніша має габарити приблизно 1,5 м завширшки, 1,5 м заввишки та 1,2 м глибиною, що забезпечує внутрішній об'єм близько 2,7 м³.

Ніші розміщуються вздовж обох стін тунелю із кроком 20 м, тобто через кожні 20 метрів встановлюються по дві ніші — по одній з кожного боку. Таке розташування забезпечує регулярний доступ до обладнання або можливість укриття персоналу в разі потреби.

При кроці в 20 метрів кількість ніш становить:

$$N = \frac{500}{20} = 25 \text{ шт}$$

Тривалість роботи з формування та укріплення ніш дорівнює:

$$T = \frac{2 \times 25}{1} \times 17,57 \times \frac{1}{8 \times 6} = 18,3 = 18 \text{ дні}$$

2.3.2.6 Улаштування гідроізоляції поверхні тунельного отвору

Для забезпечення належної гідроізоляції тунелю буде проведено обклеювання зовнішніх стін та стелі гідросклоізолом. Роботи з гідроізоляції передбачають використання високоякісного гідросклоізолу, що дозволить забезпечити необхідний рівень захисту від проникнення води на всіх етапах експлуатації тунелю.

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна площа, що підлягає гідроізоляції, включає площу обох стін та дугообразної стелі тунелю. Для розрахунку площі обклеювання було визначено площу стін та стелі тунелю.

Формула розрахунку площі поверхні виглядає таким чином:

$$S = (2 \times a + l) \times L \quad (8)$$

де a – висота стіни отворю тунелю, м;

l – довжина дуги стелі, м;

L – довжина тунелю, м.

Довжина дуги стелі вираховується за такою формулою:

$$l = \frac{\pi \times R \times n^\circ}{180^\circ} \quad (9)$$

де R – радіус дуги стелі, м;

n° - кут дуги стелі, град.

Довжина дуги стелі дорівнює:

$$l = \frac{\pi \times 5,26 \times 129^\circ 6'}{180^\circ} = 11,85 \text{ м}$$

Площа поверхні, з якою проходить гідроізоляція дорівнює:

$$S = (2 \times 4 + 11,85) \times 500 = 9425 \text{ м}^2$$

Тривалість роботи з гідроізоляції поверхні отворю тунелю дорівнює:

$$T = \frac{9425}{100} \times 248,52 \times \frac{1}{20 \times 6} = 130,13 = 130 \text{ дні}$$

2.3.3 Внутрішні роботи та укладання рейок

2.3.3.1 Улаштування монолітних стін і склепіння

Монолітні стіни та склепіння тунелю улаштовуються секційно з використанням пересувної тунельної опалубки.

Бетонування здійснюється методом пошарового укладання суміші із глибиною шару до 1 м з обов'язковим вібруванням кожного шару. Заливка відбувається у

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напрямку від portalу до глибини тунелю. Секції формуються довжиною 10 м, з організацією робочих швів відповідно до проєкту.

Під час улаштування стін також проведено підготовчі роботи з електрифікації, монтажу освітлення та сигналізації, які включали влаштування закладних деталей і гілз для подальшої прокладки кабелів та установки світлотехнічного обладнання.

Після бетонування проводиться витримка конструкції та демонтаж опалубки. Для забезпечення належної якості бетону передбачено догляд за поверхнями, включаючи зволоження та захист від пересихання.

Для визначення тривалості робіт, потрібно визначити об'єм бетону, окремо стін та склепіння.

Спочатку визначимо витрати бетону на стіни, з урахуванням отворів ніш. Визначення об'ємів стін знаходиться за формулою 10.

$$V_6 = 2 \times (a \times h \times L) - 2 \times N \times (a_1 \times b_1 \times h) \quad (10)$$

де a – висота стіни тунелю, м;

h – товщина стіни тунелю, м;

L – довжина тунелю, м;

N – кількість ніш на одній стіні;

a_1 – висота отвору ніші, м;

b_1 – довжина отвору ніші, м.

Витрати бетону на стіни, з урахуванням ніш дорівнюють:

$$V_6 = 2 \times (4 \times 0,5 \times 500) - 2 \times 25 \times (1,5 \times 1,5 \times 0,5) = 1943,75 \text{ м}^3$$

Тривалість роботи з улаштування монолітної стіни дорівнює:

$$T = \frac{1943,75}{100} \times 1087,63 \times \frac{1}{30 \times 6 \times 2} = 58,72 = 59 \text{ дні}$$

Тепер визначимо витрати бетону на склепіння тунелю. Розрахунок буде відбуватися за формулою 11.

$$V_6 = l \times h \times L \quad (11)$$

де l – довжина дуги стелі, м;

h – товщина стіни тунелю, м;

L – довжина тунелю, м.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати бетону на склепіння бетону дорівнюють:

$$V_6 = 11,85 \times 0,5 \times 500 = 2962,5 \text{ м}^3$$

Тривалість роботи з улаштування монолітної стіни дорівнює:

$$T = \frac{2962,5}{100} \times 1197,21 \times \frac{1}{30 \times 6 \times 2} = 98,52 = 99 \text{ дні}$$

Усього улаштування монолітних бетонних стін та склепінь буде складати: $59 + 99 = 158$ днів (послідовним методом), або 129 днів (паралельним).

2.3.3.2 Фінальне укріплення та заповнення стиків

Після завершення посекційного бетонування стін і склепіння обов'язково виконуються наступні мінімально необхідні заходи для відновлення монолітності конструкції та забезпечення її водонепроникності:

- Улаштування деформаційних швів із водонепроникними профілями (PVC-стрічки або набрякаючі гумові шнури) — для компенсації усадки й температурних деформацій та запобігання протіканню води через стики.
- Цементне заповнення швів — нанесення цементно-піщаного розчину з ущільненням, що відновлює цілісний переріз бетонних секцій.
- Еластична герметизація швів — фінішне заповнення силіконовими або поліуретановими герметиками, які забезпечують довготривалу еластичність і захист від мікротріщин.
- Візуальний контроль якості заповнення — перевірка відсутності пустот чи нерівномірних ділянок у швах із наступною локальною корекцією за потреби.

Всі інші технології (ін'єкційне зміцнення, локальне торкретування, додаткове армування) застосовуються лише у разі виявлення дефектів або підвищених гідростатичних навантажень. Це гарантує необхідний рівень герметичності та довговічності тунельної оболонки.

Так як роботи ведуться на швах між секціями монолітного бетону, то нам потрібно знайти загальну довжину усіх швів.

Довжина швів тунелю розглядається за формулою 12.

$$Sh = \left(\frac{L}{l_s} - 1 \right) \times 3 \times (2 \times a + l) \quad (12)$$

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L – довжина тунелю, м;

l_s – довжина секції бетонування, м;

a – висота стіни тунелю, м;

l – довжина дуги склепіння, м.

Довжина швів між секціями бетонування дорівнює:

$$Sh = \left(\frac{500}{10} - 1 \right) \times 3 \times (2 \times 4 + 11,85) = 2917,95 \text{ м}$$

Тривалість робіт з укріплення та заповнення швів між секціями дорівнює:

$$T = \frac{2917,95}{100} \times 388,88 \times \frac{1}{30 \times 6} = 63,04 = 63 \text{ дні}$$

2.3.3.3 Монтаж колії

Після завершення бетонування конструкцій та проведення попередніх внутрішніх робіт виконується монтаж колії. Роботи включають підготовку основи, влаштування шпал та укладання рейок відповідно до встановлених геометричних параметрів. Також проводиться фіксація рейок та перевірка рівності і надійності з'єднань. Усі етапи монтажу виконуються з дотриманням технічних вимог для забезпечення безпечної та стабільної експлуатації.

Ширина тунелю дозволяє у перспективі здійснити розширення до двоколійного руху без необхідності капітального розширення перерізу.

Тривалість робіт з укріплення та заповнення швів між секціями дорівнює:

$$T = \frac{500}{1000} \times 7268 \times \frac{1}{30 \times 6} = 20,18 = 20 \text{ днів}$$

2.3.3.4 Встановлення електрифікації

Роботи з електрифікації тунелю включають монтаж кабельних трас, кріплень, прокладку силових та сигнальних кабелів, установлення розподільчих щитів і трансформаторного обладнання, а також підключення живлення. Елементи системи розміщуються переважно вздовж стелі та верхньої частини стін тунелю з використанням стійких до вологи кріплень і ізоляційних матеріалів.

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для оптимізації процесу деякі підготовчі роботи було виконано на етапі бетонування монолітних стін та склепіння: передбачені проходки для кабель-каналів, ніші під електрощити та встановлено закладні елементи для подальшого кріплення конструкцій.

З огляду на розташування тунелю в гірській місцевості, конструкція електросистеми передбачає підвищений захист від вологи, конденсату, та можливих механічних пошкоджень. Застосовуються герметизовані з'єднання, антикорозійні матеріали, а також резервне заземлення для підвищення безпеки у разі перебоїв. Усі елементи мають відповідати класу захисту не нижче IP65.

Тривалість робіт з встановлення електрифікації дорівнює:

$$T = \frac{500}{100} \times 87,52 \times \frac{1}{15 \times 6} = 4,86 = 5 \text{ днів}$$

2.3.3.5 Встановлення освітлення та сигналізації

Роботи включають монтаж основної системи освітлення тунелю, аварійного освітлення, а також системи сигналізації та моніторингу. Освітлення забезпечує належну видимість для обслуговування та безпеки руху, а сигналізація включає датчики задимлення, температури, системи оповіщення про надзвичайні ситуації, відеоспостереження та систему передавання даних.

На етапі бетонування монолітних стін та склепіння було заздалегідь передбачено закладні елементи, ніші та канали для розміщення освітлювальних приладів і прокладки кабельної мережі, що дозволило оптимізувати обсяг робіт та уникнути додаткового буріння.

У зв'язку з розташуванням тунелю в гірській місцевості, усі елементи системи освітлення та сигналізації мають бути стійкими до вологи, перепадів температур, вібрацій та пилу. Застосовуються світильники у герметичних корпусах (не нижче класу IP65), антивандальні кріплення, резервні джерела живлення та захищені кабельні канали. Система сигналізації працює в автоматичному режимі з можливістю централізованого керування та контролю.

Тривалість робіт з встановлення електрифікації дорівнює:

$$T = \frac{500}{100} \times 76,14 \times \frac{1}{15 \times 6} = 4,23 = 4 \text{ днів}$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	21

2.3.4 Завершальні роботи

2.3.4.1 Локальні роботи з герметизації або додаткової гідроізоляції

Після завершення основних бетонних та гідроізоляційних робіт проводиться огляд конструкцій на наявність потенційно вразливих місць, зокрема стиків між секціями, введів комунікацій, місць встановлення ніш, а також ділянок, де гідроізоляційний шар міг бути порушений під час будівельних робіт.

На основі результатів огляду виконуються локальні роботи з герметизації тріщин, швів і з'єднань з використанням спеціальних матеріалів (ін'єкційні гелі, мастики, герметики, додаткові гідроізоляційні стрічки). У деяких випадках застосовуються додаткові шари гідроізоляції або посилення існуючих – шляхом обклеювання полімерними матеріалами або напилення спеціальних сумішей.

Ці заходи є особливо важливими в умовах гірської місцевості з підвищеним рівнем ґрунтових вод та ризиком проникнення вологи через природні тріщини у породі.

Тривалість робіт з герметизації або додаткової гідроізоляції дорівнює:

$$T = \frac{9425}{100} \times 115,75 \times \frac{1}{30 \times 6} = 60,61 = 60 \text{ днів}$$

2.3.4.2 Кінцева обробка

Після завершення основних будівельних робіт у тунелі виконується кінцева обробка внутрішніх поверхонь – стін, склепіння та ніш. До переліку робіт входить затирання поверхонь, вирівнювання нерівностей, видалення напливів та дефектів бетону, а також при необхідності – нанесення тонкого шару цементного або гідрофобного покриття, що покращує експлуатаційні характеристики споруди (зменшення пилу, підвищення волого- та вогнестійкості, зменшення ризику утворення грибка та вицвітання).

Особлива увага приділяється обробці місць з'єднання секцій, кутів і важкодоступних ділянок, де можливе накопичення конденсату чи механічні пошкодження.

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість робіт кінцевої обробки дорівнює:

$$T = \frac{9425}{100} \times 94,62 \times \frac{1}{30 \times 6} = 49,54 = 50 \text{ днів}$$

2.3.4.3 Улаштування порталів (оголовків)

Портали тунелю (оголовки) виконують не лише естетичну, а й важливу конструктивну та захисну функцію: укріплюють вхід і вихід з тунелю, перешкоджають обваленню порід, відведенню атмосферних вод, а також створюють плавний перехід між відкритою ділянкою дороги та внутрішнім середовищем тунелю.

Улаштування порталів виконується після завершення основного монолітного бетонування тунелю. Роботи включають:

- Підготовку основи та опалубки
- Армування і бетонування конструкцій portalу
- Гідроізоляцію швів у зоні з'єднання portalу з тунелем
- Установку відливів, елементів облицювання або захисту (за потреби)

У разі розташування тунелю в гірській місцевості передбачаються додаткові протиобвальні елементи та відкоси з кріпленням, що стабілізують навколишній ґрунт.

Тривалість робіт улаштування порталів дорівнює:

$$T = \frac{2}{1} \times 619,27 \times \frac{1}{30 \times 6} = 6,88 = 7 \text{ днів}$$

2.3.4.4 Завершальні роботи

Завершальні роботи будуть тривати 1 день.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Розроблення розкладу проєкту

Розробити розклад проєкту означає провести аналіз щодо недопущення перевищення доступних ресурсів і врахування обмежень проєкту. Ресурси – це компоненти, які забезпечують діяльності і містять виконавців, енергію, матеріали, обладнання тощо.

Відповідно з кожною роботою можна пов'язати функцію потреби в ресурсах. Кожна тимчасова оцінка базується на допустимому використанні певної кількості ресурсів, і, отже, розраховуючи спочатку тривалість проєкту, можна заздалегідь розрахувати наперед використання ресурсів. Після розподілу ресурсів для робіт розробляють детальні графіки.

Вихідний календарний план виконання проєкту складається за умови, що всі необхідні ресурси є в достатній кількості. Однак така ситуація має місце не завжди, а якщо це так, то використання ресурсів відповідно до потреб, зазначених у календарному плані, може виявитися неекономічним. При плануванні необхідно враховувати неминучу обмеженість ресурсів із факторами.

2.4.1 Побудова діаграми Ганта

Діаграма Ганта – горизонтальна лінійна діаграма, на якій завдання проєкту позначають протяжними в часі відрізками, характеризованих датами початку та закінчення, затримками, іншими часовими параметрами.

За розрахунками, наведеними у пункті 2.3 будуємо таблицю тривалості робіт. Діаграма Ганта будується на основі таблиці тривалості робіт.

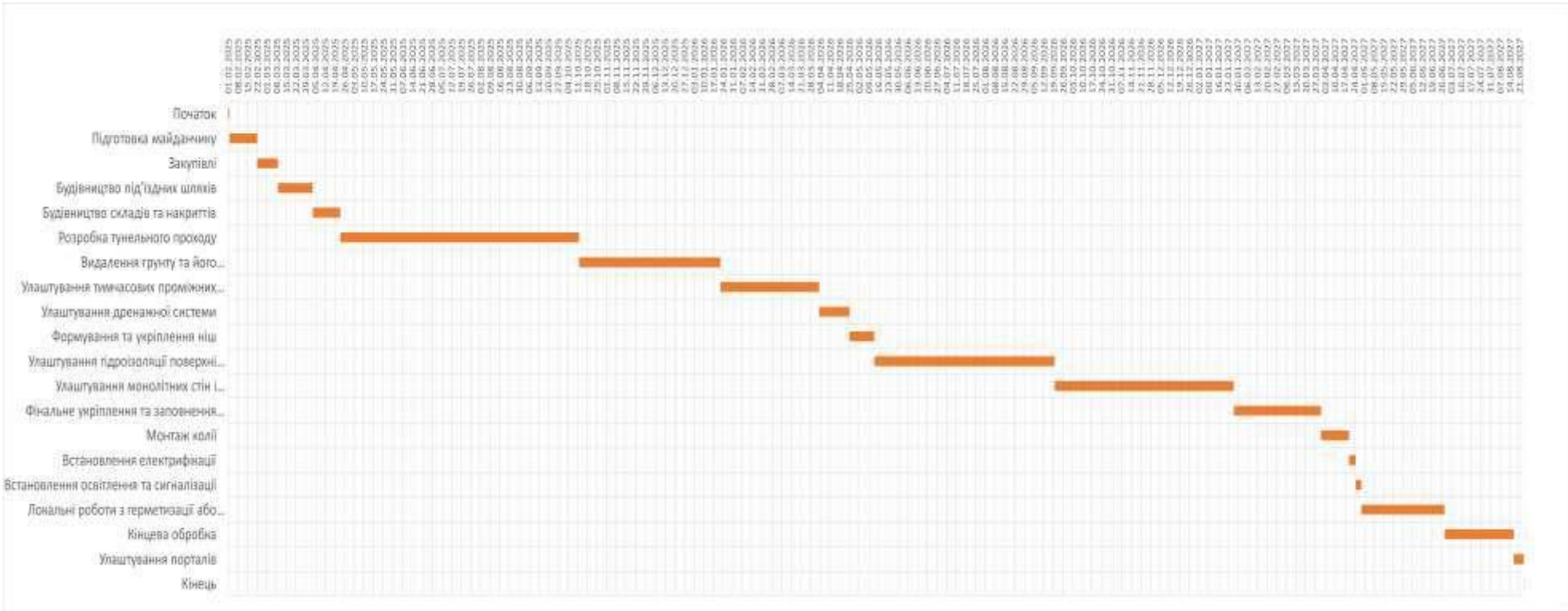
2.4.1.1 До регулювання

Розглянемо спочатку діаграму та тривалість будівництва тунелю до регулювання різних робіт.

Діаграму робіт до регулювання можна розглянути на Малюнку 7, а тривалість будівництва та робіт на Таблиці 1.

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					Арх.
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	25



Малюнок 7. Діаграма Ганта (до регулювання)

Діяльність	Початок	Тривалість	Регулювання	Кінець
Початок	01.02.2025	1	0	01.02.2025
Підготовка майданчику	02.02.2025	20	0	21.02.2025
Закупівлі	22.02.2025	15	0	08.03.2025
Будівництво під'їздних шляхів	09.03.2025	25	0	02.04.2025
Будівництво складів та накриттів	03.04.2025	20	0	22.04.2025
Розробка тунельного проходу	23.04.2025	172	0	11.10.2025
Видалення ґрунту та його транспортування	12.10.2025	102	0	21.01.2026
Улаштування тимчасових проміжних металевих рам	22.01.2026	71	0	02.04.2026
Улаштування дренажної системи	03.04.2026	22	0	24.04.2026
Формування та укріплення ніш	25.04.2026	18	0	12.05.2026
Улаштування гідроізоляції поверхні тунельного отвору	13.05.2026	130	0	19.09.2026
Улаштування монолітних стін і склепіння	20.09.2026	129	0	26.01.2027
Фінальне укріплення та заповнення швів	27.01.2027	63	0	30.03.2027
Монтаж колії	31.03.2027	20	0	19.04.2027
Встановлення електрифікації	20.04.2027	5	0	24.04.2027
Встановлення освітлення та сигналізації	25.04.2027	4	0	28.04.2027
Локальні роботи з герметизації або додаткової гідроізоляції	29.04.2027	60	0	27.06.2027
Кінцева обробка	28.06.2027	50	0	16.08.2027
Улаштування порталів	17.08.2027	7	0	23.08.2027
Кінець	24.08.2027	1	0	24.08.2027

Таблиця 1. Тривалість робіт (до регулювання)

Для розрахунку загального терміну будівництва використовуємо формулу 13.

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{роб}} \times 1,4 + T_{\text{св}} \quad (13)$$

де $T_{\text{роб}}$ - це кількість робочих днів, відведених на будівництво;

$T_{\text{св}}$ - це кількість святкових неробочих днів, в середньому 11 днів на рік.

$$T_{\text{заг}} = 762 \times 1,4 + (11 \times 2,92) = 1099 \text{ днів}$$

Отримана кількість днів не відповідає запропонованим нормам будівництва за ДСТУ Б А.3.1-22:2013 [13], виконуємо зміну логіки виконання робіт, регулюємо початки деяких робіт.

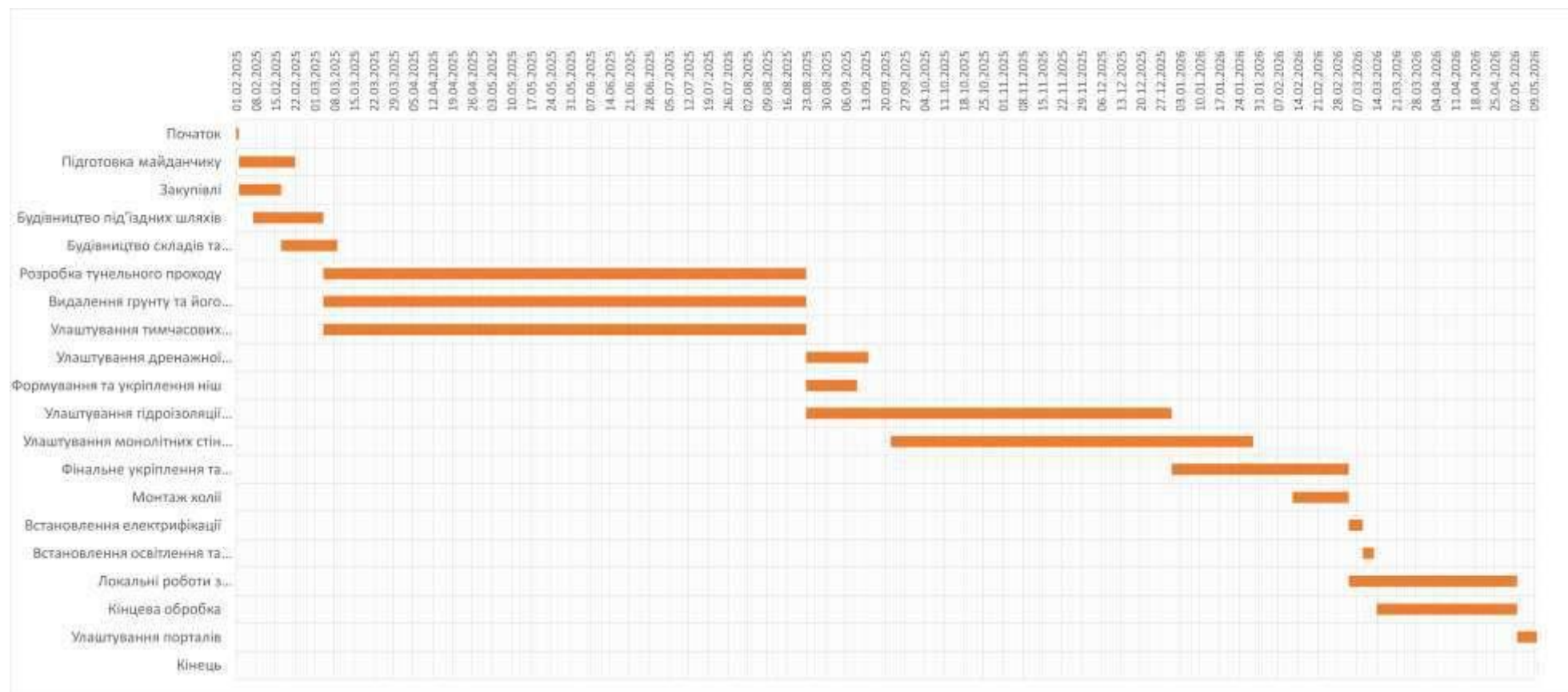
2.4.1.1 До регулювання

Після попередніх розрахунків було проведено регулювання початків робіт.

Отримані результати можна переглянути нижче. Діаграму робіт після регулювання можна розглянути на Малюнку 8, а тривалість будівництва та робіт в Таблиці 2.

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

						Арк.
						27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Малюнок 8. Діаграма Ганта (після регулювання)

Діяльність	Початок	Тривалість	Регулювання	Кінець
Початок	01.02.2025	1	0	01.02.2025
Підготовка майданчику	02.02.2025	20	0	21.02.2025
Закупівлі	02.02.2025	15	-20	16.02.2025
Будівництво під'їзних шляхів	07.02.2025	25	-10	03.03.2025
Будівництво складів та накриттів	17.02.2025	20	-15	08.03.2025
Розробка тунельного проходу	04.03.2025	172	-5	22.08.2025
Видалення ґрунту та його транспортування	04.03.2025	172	-172	22.08.2025
Улаштування тимчасових проміжних металевих рам	04.03.2025	172	-172	22.08.2025
Улаштування дренажної системи	23.08.2025	22	0	13.09.2025
Формування та укріплення ніш	23.08.2025	18	-22	09.09.2025
Улаштування гідроізоляції поверхні тунельного отвору	23.08.2025	130	-18	30.12.2025
Улаштування монолітних стін і склепіння	22.09.2025	129	-100	28.01.2026
Фінальне укріплення та заповнення швів	31.12.2025	63	-29	03.03.2026
Монтаж колії	12.02.2026	20	-20	03.03.2026
Встановлення електрифікації	04.03.2026	5	0	08.03.2026
Встановлення освітлення та сигналізації	09.03.2026	4	0	12.03.2026
Локальні роботи з герметизації або додаткової гідроізоляції	04.03.2026	60	-9	02.05.2026
Кінцева обробка	14.03.2026	50	-50	02.05.2026
Улаштування порталів	03.05.2026	7	0	09.05.2026
Кінець	10.05.2026	1	0	10.05.2026

Таблиця 2. Тривалість робіт (після регулювання)

Проводимо повторний розрахунок загального терміну будівництва з урахуванням змін після регулювання.

$$T_{\text{заг}} = 463 \times 1,4 + (11 \times 1,77) = 667 \text{ днів}$$

Нове значення терміну будівництва є ближчим до запропонованим нормам.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Управління ресурсами проекту

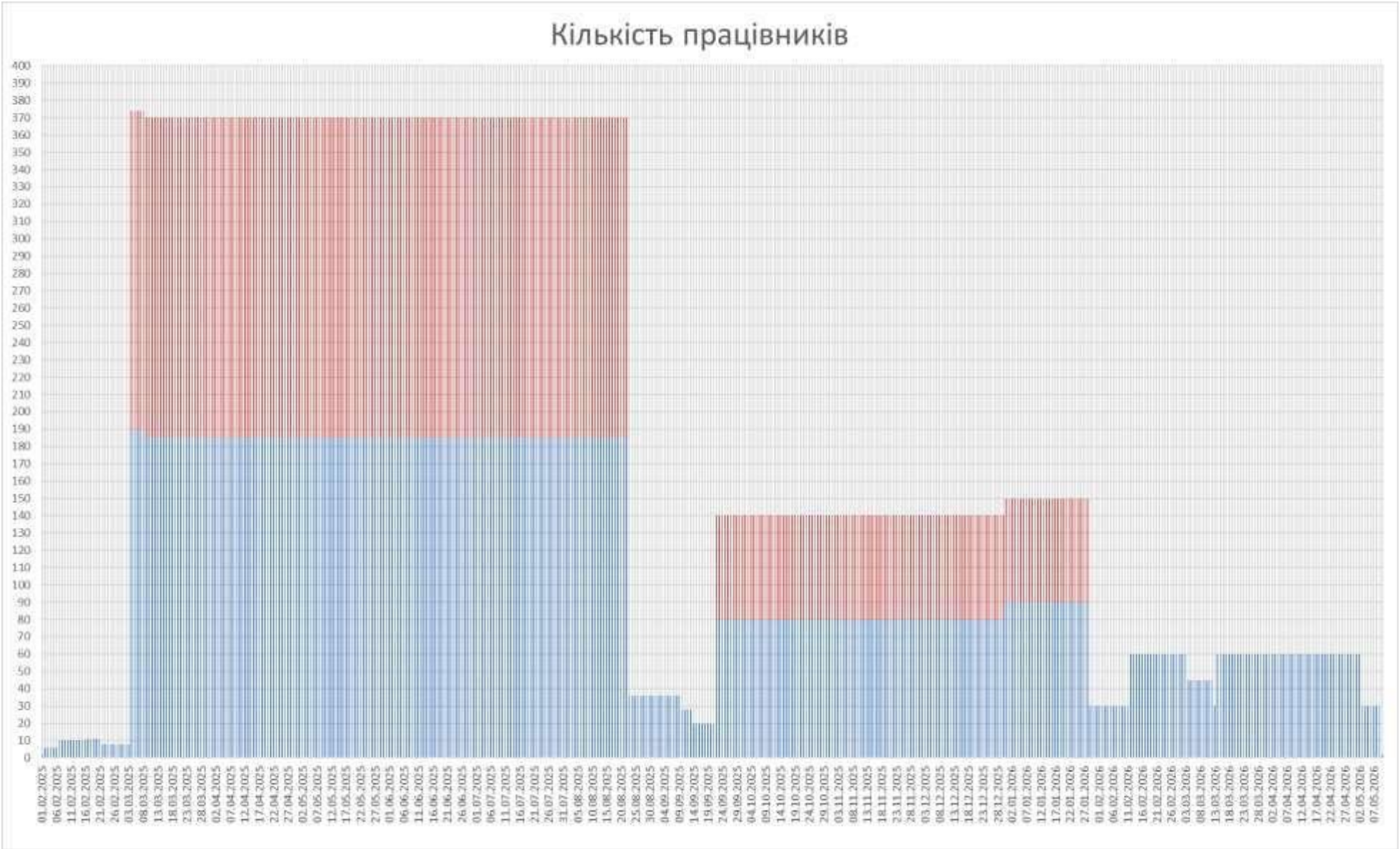
У загальному вигляді алгоритм ресурсного планування проекту включає три основні етапи:

- 1) визначення ресурсів (опис ресурсу та визначення максимально доступної кількості такого ресурсу);
- 2) призначення ресурсів завданням;
- 3) аналіз розкладу та вирішення виниклих протиріч між необхідною кількістю ресурсу та наявною кількістю.

Ресурси, необхідні для здійснення кожної роботи, складають для всіх робіт, виконуваних одночасно, у припущенні, що кожна робота починається в ранній термін її виконання. Іноді потреби в робочій силі перевищують її наявність, але в той же час загальна кількість необхідних людино-годин не перевищує їхньої наявної кількості. Отже, якщо потреба в ресурсі перевищила його ліміт, необхідно або вкласти в проект додаткову кількість ресурсу, або переглянути календарний план виконання операцій.

Розподіл кількості робітників за роботами на увесь термін будівництва можна побачити на Малюнку 9.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2.6 Управління вартістю проекту

Вартість людино-годин визначаємо за формулою 14.

$$V_{\text{люд.год.}} = 3П_{\text{д}}/П_{\text{снтрч}} \quad (14)$$

де $V_{\text{люд.год.}}$ – вартість людино-годин, яка відповідає середньому нормативному розрядові робіт, грн;

$3П_{\text{д}}$ – середньомісячна заробітна плата на одного працівника в режимі повної зайнятості, яку учасник процедури закупівлі (підрядник) планує отримувати на об'єкті будівництва, грн;

$П_{\text{снтрч}}$ – показник середньомісячної норми тривалості робочого часу, встановлений центральним органом виконавчої влади з формування та забезпечення реалізації державної політики у сфері праці, зайнятості населення, трудової міграції, трудових відносин, соціального захисту, соціального діалогу, люд.год.

Визначаємо показник середньомісячної норми тривалості робочого часу за формулою 15.

$$П_{\text{снтрч}} = \frac{\text{Загальна норма тривалості роб.часу}}{\text{кіл-ть місяців}} \quad (15)$$

$$П_{\text{снтрч}} = \frac{2096}{12} = 174,7 \text{ год}$$

$$V_{\text{люд.год.}} = \frac{19266,5}{174,7} = 110,3 \frac{\text{грн}}{\text{люд. год.}}$$

Вартість роботи по днях визначаємо за формулою 16.

$$K = V_{\text{люд.год.}} \times n \times m \quad (16)$$

де $V_{\text{люд.год.}}$ – вартість людино-годин, яка відповідає середньому нормативному розрядові робіт, грн;

n – кількість робітників;

m – кількість годин робочої зміни на день.

Вартість роботи в перший день (1) дорівнює:

$$K_1 = 110,3 \times 2 \times 6 = 1\,323,6 \text{ грн}$$

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість роботи з другого до шостого дня (5):

$$K_2 = 110,3 \times 6 \times 6 = 3\,970,8 \text{ грн}$$

Вартість роботи з сьомого до шістнадцятого дня (10):

$$K_7 = 110,3 \times 10 \times 6 = 6\,618 \text{ грн}$$

Вартість роботи з сімнадцятого до двадцять першого дня (5):

$$K_{17} = 110,3 \times 11 \times 6 = 7\,279,8 \text{ грн}$$

Вартість роботи з двадцять другого до тридцять першого дня (10):

$$K_{22} = 110,3 \times 8 \times 6 = 5\,294,4 \text{ грн}$$

Вартість роботи з тридцять другого до тридцять шостого дня для першої та другої зміни (5):

$$K_{32 \text{ зм1}} = 110,3 \times 139 \times 6 = 91\,990,2 \text{ грн}$$

$$K_{32 \text{ зм2}} = 110,3 \times 135 \times 6 = 89\,343 \text{ грн}$$

Вартість роботи з тридцять сьомого до двісті третього дня для першої та другої зміни (167):

$$K_{37 \text{ зм1}} = 110,3 \times 135 \times 6 = 89\,343 \text{ грн}$$

$$K_{37 \text{ зм2}} = 110,3 \times 135 \times 6 = 89\,343 \text{ грн}$$

Вартість роботи з двісті четвертого до двісті двадцять першого дня (18):

$$K_{204} = 110,3 \times 36 \times 6 = 23\,824,8 \text{ грн}$$

Вартість роботи з двісті двадцять другого до двісті двадцять п'ятого дня (4):

$$K_{222} = 110,3 \times 28 \times 6 = 18\,530,4 \text{ грн}$$

Вартість роботи з двісті двадцять шостого до двісті тридцять третього дня (8):

$$K_{226} = 110,3 \times 20 \times 6 = 13\,236 \text{ грн}$$

Вартість роботи з двісті тридцять четвертого до триста тридцять третього дня для першої та другої зміни (100):

$$K_{234 \text{ зм1}} = 110,3 \times 80 \times 6 = 52\,944 \text{ грн}$$

$$K_{234 \text{ зм2}} = 110,3 \times 60 \times 6 = 39\,708 \text{ грн}$$

Вартість роботи з триста тридцять четвертого до триста шістдесят другого дня для першої та другої зміни (29):

$$K_{334 \text{ зм1}} = 110,3 \times 90 \times 6 = 59\,562 \text{ грн}$$

$$K_{334 \text{ зм2}} = 110,3 \times 60 \times 6 = 39\,708 \text{ грн}$$

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість роботи з триста шістдесят третього до триста сімдесят шостого дня (14):

$$K_{363} = 110,3 \times 30 \times 6 = 19\,854 \text{ грн}$$

Вартість роботи з триста сімдесят сьомого до триста дев'яносто шостого дня (20):

$$K_{377} = 110,3 \times 60 \times 6 = 39\,708 \text{ грн}$$

Вартість роботи з триста дев'яносто сьомого до чотириста п'ятого дня (9):

$$K_{397} = 110,3 \times 45 \times 6 = 29\,781 \text{ грн}$$

Вартість роботи чотириста шостого дня (1):

$$K_{406} = 110,3 \times 30 \times 6 = 19\,854 \text{ грн}$$

Вартість роботи з чотириста сьомого до чотириста п'ятдесят шостого дня (50):

$$K_{407} = 110,3 \times 60 \times 6 = 39\,708 \text{ грн}$$

Вартість роботи з чотириста п'ятдесят сьомого до чотириста шістдесят третього дня (7):

$$K_{457} = 110,3 \times 30 \times 6 = 19\,854 \text{ грн}$$

Вартість роботи чотириста шістдесят четвертого дня (1):

$$K_{464} = 110,3 \times 2 \times 6 = 1\,323,6 \text{ грн}$$

Кошторисна вартість заробітної плати робітників у проекті визначається за формулою 17.

$$\begin{aligned} K_{\text{зп}} = & K_1 + K_2 \times 5 + K_7 \times 10 + K_{17} \times 5 + K_{22} \times 10 + (K_{32 \text{ зм1}} \\ & + K_{32 \text{ зм2}}) \times 5 + (K_{37 \text{ зм1}} + K_{37 \text{ зм2}}) \times 167 + K_{204} \times 18 \\ & + K_{222} \times 4 + K_{226} \times 8 + (K_{234 \text{ зм1}} + K_{234 \text{ зм2}}) \times 100 \\ & + (K_{334 \text{ зм1}} + K_{334 \text{ зм2}}) \times 29 + K_{363} \times 14 + K_{377} \times 20 \\ & + K_{397} \times 9 + K_{406} + K_{407} \times 50 + K_{457} \times 7 + K_{464} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} K_{\text{зп}} = & 1\,323,6 + 3\,970,8 \times 5 + 6\,618 \times 10 + 7\,279,8 \times 5 + 5\,294,4 \times 10 \\ & + (91\,990,2 + 89\,343) \times 5 + (89\,343 + 89\,343) \times 167 + 23\,824,8 \\ & \times 18 + 18\,530,4 \times 4 + 13\,236 \times 8 + (52\,944 + 39\,708) \times 100 \\ & + (59\,562 + 39\,708) \times 29 + 19\,854 \times 14 + 39\,708 \times 20 + 29\,781 \times 9 \\ & + 19\,854 + 39\,708 \times 50 + 19\,854 \times 7 + 1\,323,6 = 47\,162\,515,2 \text{ грн} \end{aligned}$$

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кошторисна вартість проекту дорівнює:

$$K = ((47\,162\,515,2 + 47\,162\,515,2) \times 2 + 47\,162\,515,2) \times 1,1 \times 1,2 \times 1,5 \times 1,05 \times 1,15 = 563\,792\,497,3 \text{ грн} \approx 570\,000\,000 \text{ грн}$$

Для розрахунку кошторисної вартості кожного дня проекту, треба визначити загальну кількість робітників.

У нашому проекті усього будуть брати участь 88 464 робітників з першої та другої зміни.

Кошторисна вартість, яку потрібно витратити на одного робітника дорівнює:

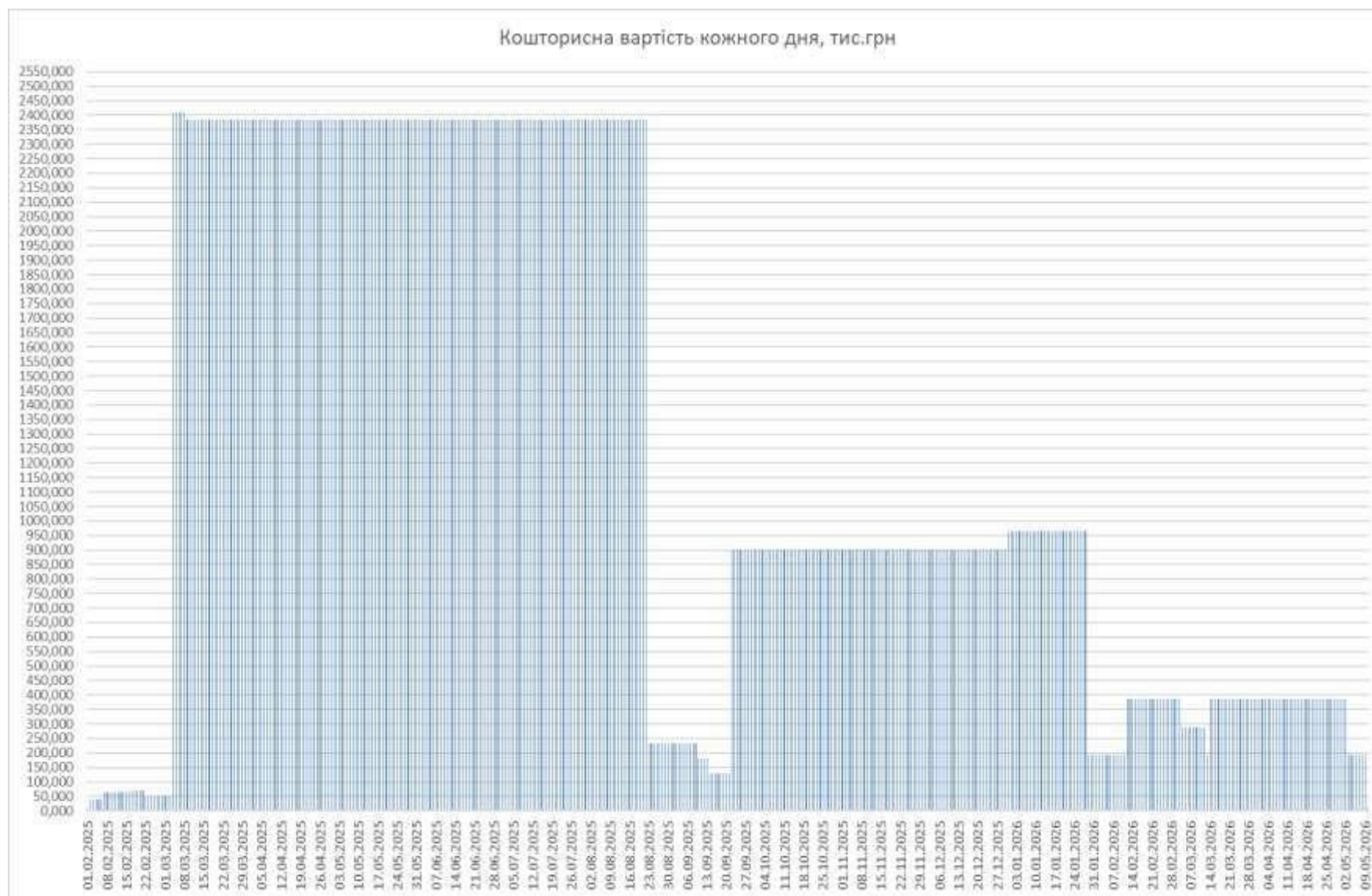
$$K_d = \frac{570\,000\,000}{88\,464} = 6\,443,3 \text{ грн}$$

З прикладу виходить, що на одного працівника потрібно витратити 6 443,3 грн.

Кошторисну вартість кожного дня можна визначити, використовуючи графік розподілу робітників за днями (Малюнок 9). Отримані результати розглянемо на Малюнку 10, Малюнку 11 та Таблиці 3.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок	Дата	Накопичувальний підсумок
01.02.2025	13	22.03.2025	47146	10.05.2025	163963	28.06.2025	280780	16.08.2025	397597	04.10.2025	429555	22.11.2025	473757	10.01.2026	518666	28.02.2026	545341,5821	18.04.2026	563222
02.02.2025	52	23.03.2025	49530	11.05.2025	166347	29.06.2025	283164	17.08.2025	399981	05.10.2025	430458	23.11.2025	474659	11.01.2026	519633	01.03.2026	545728,1801	19.04.2026	563608
03.02.2025	90	24.03.2025	51914	12.05.2025	168731	30.06.2025	285548	18.08.2025	402365	06.10.2025	431360	24.11.2025	475561	12.01.2026	520599	02.03.2026	546114,7781	20.04.2026	563995
04.02.2025	129	25.03.2025	54298	13.05.2025	171115	01.07.2025	287932	19.08.2025	404749	07.10.2025	432262	25.11.2025	476463	13.01.2026	521566	03.03.2026	546501,3761	21.04.2026	564382
05.02.2025	168	26.03.2025	56682	14.05.2025	173499	02.07.2025	290316	20.08.2025	407133	08.10.2025	433164	26.11.2025	477365	14.01.2026	522532	04.03.2026	546791,3246	22.04.2026	564768
06.02.2025	206	27.03.2025	59066	15.05.2025	175883	03.07.2025	292700	21.08.2025	409517	09.10.2025	434066	27.11.2025	478267	15.01.2026	523499	05.03.2026	547081,2731	23.04.2026	565155
07.02.2025	271	28.03.2025	61450	16.05.2025	178267	04.07.2025	295084	22.08.2025	411901	10.10.2025	434968	28.11.2025	479169	16.01.2026	524465	06.03.2026	547371,2216	24.04.2026	565541
08.02.2025	335	29.03.2025	63834	17.05.2025	180651	05.07.2025	297468	23.08.2025	412133	11.10.2025	435870	29.11.2025	480071	17.01.2026	525432	07.03.2026	547661,1701	25.04.2026	565928
09.02.2025	399	30.03.2025	66218	18.05.2025	183035	06.07.2025	299852	24.08.2025	412365	12.10.2025	436772	30.11.2025	480973	18.01.2026	526398	08.03.2026	547951,1186	26.04.2026	566315
10.02.2025	464	31.03.2025	68602	19.05.2025	185419	07.07.2025	302236	25.08.2025	412597	13.10.2025	437674	01.12.2025	481875	19.01.2026	527365	09.03.2026	548241,0671	27.04.2026	566701
11.02.2025	528	01.04.2025	70986	20.05.2025	187803	08.07.2025	304620	26.08.2025	412829	14.10.2025	438576	02.12.2025	482777	20.01.2026	528331	10.03.2026	548531,0156	28.04.2026	567088
12.02.2025	593	02.04.2025	73370	21.05.2025	190187	09.07.2025	307004	27.08.2025	413061	15.10.2025	439478	03.12.2025	483679	21.01.2026	529298	11.03.2026	548820,9641	29.04.2026	567474
13.02.2025	657	03.04.2025	75754	22.05.2025	192571	10.07.2025	309388	28.08.2025	413293	16.10.2025	440380	04.12.2025	484581	22.01.2026	530264	12.03.2026	549110,9126	30.04.2026	567861
14.02.2025	722	04.04.2025	78138	23.05.2025	194955	11.07.2025	311772	29.08.2025	413525	17.10.2025	441282	05.12.2025	485483	23.01.2026	531231	13.03.2026	549304,2116	01.05.2026	568248
15.02.2025	786	05.04.2025	80522	24.05.2025	197339	12.07.2025	314156	30.08.2025	413757	18.10.2025	442184	06.12.2025	486385	24.01.2026	532197	14.03.2026	549690,8096	02.05.2026	568634
16.02.2025	851	06.04.2025	82906	25.05.2025	199723	13.07.2025	316540	31.08.2025	413988	19.10.2025	443086	07.12.2025	487287	25.01.2026	533164	15.03.2026	550077,4076	03.05.2026	568827
17.02.2025	921	07.04.2025	85290	26.05.2025	202107	14.07.2025	318924	01.09.2025	414220	20.10.2025	443988	08.12.2025	488190	26.01.2026	534130	16.03.2026	550464,0056	04.05.2026	569021
18.02.2025	992	08.04.2025	87674	27.05.2025	204491	15.07.2025	321308	02.09.2025	414452	21.10.2025	444891	09.12.2025	489092	27.01.2026	535097	17.03.2026	550850,6036	05.05.2026	569214
19.02.2025	1063	09.04.2025	90058	28.05.2025	206875	16.07.2025	323692	03.09.2025	414684	22.10.2025	445793	10.12.2025	489994	28.01.2026	536063	18.03.2026	551237,2016	06.05.2026	569407
20.02.2025	1134	10.04.2025	92442	29.05.2025	209259	17.07.2025	326076	04.09.2025	414916	23.10.2025	446695	11.12.2025	490896	29.01.2026	536257	19.03.2026	551623,7996	07.05.2026	569601
21.02.2025	1205	11.04.2025	94826	30.05.2025	211643	18.07.2025	328460	05.09.2025	415148	24.10.2025	447597	12.12.2025	491798	30.01.2026	536450	20.03.2026	552010,3976	08.05.2026	569794
22.02.2025	1256	12.04.2025	97210	31.05.2025	214027	19.07.2025	330844	06.09.2025	415380	25.10.2025	448499	13.12.2025	492700	31.01.2026	536643	21.03.2026	552396,9956	09.05.2026	569987
23.02.2025	1308	13.04.2025	99594	01.06.2025	216411	20.07.2025	333228	07.09.2025	415612	26.10.2025	449401	14.12.2025	493602	01.02.2026	536836	22.03.2026	552783,5936	10.05.2026	570000
24.02.2025	1360	14.04.2025	101978	02.06.2025	218795	21.07.2025	335612	08.09.2025	415844	27.10.2025	450303	15.12.2025	494504	02.02.2026	537030	23.03.2026	553170,1916		
25.02.2025	1411	15.04.2025	104362	03.06.2025	221179	22.07.2025	337996	09.09.2025	416076	28.10.2025	451205	16.12.2025	495406	03.02.2026	537223	24.03.2026	553556,7896		
26.02.2025	1463	16.04.2025	106746	04.06.2025	223563	23.07.2025	340380	10.09.2025	416257	29.10.2025	452107	17.12.2025	496308	04.02.2026	537416	25.03.2026	553943,3876		
27.02.2025	1514	17.04.2025	109130	05.06.2025	225947	24.07.2025	342764	11.09.2025	416437	30.10.2025	453009	18.12.2025	497210	05.02.2026	537610	26.03.2026	554329,9856		
28.02.2025	1566	18.04.2025	111514	06.06.2025	228331	25.07.2025	345148	12.09.2025	416617	31.10.2025	453911	19.12.2025	498112	06.02.2026	537803	27.03.2026	554716,5836		
01.03.2025	1617	19.04.2025	113898	07.06.2025	230715	26.07.2025	347532	13.09.2025	416798	01.11.2025	454813	20.12.2025	499014	07.02.2026	537996	28.03.2026	555103,1816		
02.03.2025	1669	20.04.2025	116282	08.06.2025	233099	27.07.2025	349916	14.09.2025	416927	02.11.2025	455715	21.12.2025	499916	08.02.2026	538190	29.03.2026	555489,7796		
03.03.2025	1720	21.04.2025	118666	09.06.2025	235483	28.07.2025	352300	15.09.2025	417055	03.11.2025	456617	22.12.2025	500818	09.02.2026	538383	30.03.2026	555876,3776		
04.03.2025	4130	22.04.2025	121050	10.06.2025	237867	29.07.2025	354684	16.09.2025	417184	04.11.2025	457519	23.12.2025	501720	10.02.2026	538576	31.03.2026	556262,9756		
05.03.2025	6540	23.04.2025	123434	11.06.2025	240251	30.07.2025	357068	17.09.2025	417313	05.11.2025	458421	24.12.2025	502623	11.02.2026	538769	01.04.2026	556649,5736		
06.03.2025	8950	24.04.2025	125818	12.06.2025	242635	31.07.2025	359452	18.09.2025	417442	06.11.2025	459324	25.12.2025	503525	12.02.2026	539156	02.04.2026	557036,1716		
07.03.2025	11360	25.04.2025	128202	13.06.2025	245019	01.08.2025	361836	19.09.2025	417571	07.11.2025	460226	26.12.2025	504427	13.02.2026	539543	03.04.2026	557422,7696		
08.03.2025	13769	26.04.2025	130586	14.06.2025	247403	02.08.2025	364220	20.09.2025	417700	08.11.2025	461128	27.12.2025	505329	14.02.2026	539929	04.04.2026	557809,3676		
09.03.2025	16153	27.04.2025	132970	15.06.2025	249787	03.08.2025	366604	21.09.2025	417829	09.11.2025	462030	28.12.2025	506231	15.02.2026	540316	05.04.2026	558195,9656		
10.03.2025	18537	28.04.2025	135354	16.06.2025	252171	04.08.2025	368988	22.09.2025	418731	10.11.2025	462932	29.12.2025	507133	16.02.2026	540702	06.04.2026	558582,5636		
11.03.2025	20921	29.04.2025	137738	17.06.2025	254555	05.08.2025	371372	23.09.2025	419633	11.11.2025	463834	30.12.2025	508035	17.02.2026	541089	07.04.2026	558969,1616		
12.03.2025	23305	30.04.2025	140122	18.06.2025	256939	06.08.2025	373757	24.09.2025	420535	12.11.2025	464736	31.12.2025	509001	18.02.2026	541476	08.04.2026	559355,7596		
13.03.2025	25689	01.05.2025	142506	19.06.2025	259323	07.08.2025	376141	25.09.2025	421437	13.11.2025	465638	01.01.2026	509968	19.02.2026	541862	09.04.2026	559742,3576		
14.03.2025	28073	02.05.2025	144890	20.06.2025	261708	08.08.2025	378525	26.09.2025	422339	14.11.2025	466540	02.01.2026	510934	20.02.2026	542249	10.04.2026	560128,9556		
15.03.2025	30457	03.05.2025	147275	21.06.2025	264092	09.08.2025	380909	27.09.2025	423241	15.11.2025	467442	03.01.2026	511901	21.02.2026	542635	11.04.2026	560515,5536		
16.03.2025	32842	04.05.2025	149659	22.06.2025	266476	10.08.2025	383293	28.09.2025	424143	16.11.2025	468344	04.01.2026	512867	22.02.2026	543022	12.04.2026	560902,1516		
17.03.2025	35226	05.05.2025	152043	23.06.2025	268860	11.08.2025	385677	29.09.2025	425045	17.11.2025	469246	05.01.2026	513834	23.02.2026	543409	13.04.2026	561288,7496		
18.03.2025	37610	06.05.2025	154427	24.06.2025	271244	12.08.2025	388061	30.09.2025	425947	18.11.2025	470148	06.01.2026	514800	24.02.2026	543795	14.04.2026	561675,3476		
19.03.2025	39994	07.05.2025	156811	25.06.2025	273628	13.08.2025	390445	01.10.2025	426849	19.11.2025	471050	07.01.2026	515767	25.02.2026	544182				

Apk.
37



2.7 Контроль витрат проекту

Складемо таблицю трудовитрат та вартість робіт проекту будівництва. Вона буде називатися Таблицею 4.

Значення стовпців 3-8 беруться згідно розрахунків, що були наведені вище, а значення стовпців 9-18 – з орієнтуванням на зроблену роботу, що представляє собою половину строку будівництва. Згідно графіку, середина будівництва приходить на 232 день.

Наступний крок є прогноз ймовірної вартості та часу завершення проекту згідно запланованій тривалості та запланованому бюджету.

Індекс ефективності витрат розраховується за формулою 18.

$$I_{\text{ЕВ}} = \frac{\text{БВВР}}{\text{ФВВР}} \quad (18)$$

Значення БВВР – це сума вартості бюджету на сьогоднішній день (колонка 12 таблиці 4);

ФВВР – це сума фактичної вартості витрат коштів на сьогоднішній день (колонка 14 таблиці 4).

$$I_{\text{ЕВ}} = 417\,698\,462,6 / 429\,367\,268,1 = 0,97$$

Індекс майже дорівнює одиниці, тому можна зробити висновок, що виплати не сильно перевищують заплановані, бо роботи виконуються більш менш згідно плану, а робітники працюють у своєму темпі.

$$\text{Орієнтовна вартість після завершення} = \frac{\text{Запланований бюджет}}{I_{\text{ЕВ}}} \quad (19)$$

$$\text{Орієнтовна вартість після завершення} = 570\,000\,000 / 0,97 = 587\,628\,865,98 \text{ грн} \approx 590\,000\,000 \text{ грн}$$

Індекс продуктивності розкладу розраховується за формулою 20.

$$I_{\text{ПР}} = \frac{\text{БВВР}}{\text{БВЗП}} \quad (20)$$

Значення БВЗП – вартість роботи, яка має бути виконана на певному етапі життя проекту.

$$I_{\text{ПР}} = 417\,698\,462,6 / 417\,699\,809,1 = 0,99$$

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індекс майже дорівнює одиниці, тому можна зробити висновок, що розклад був розроблений продуктивно, бо роботи виконуються більш менш згідно плану, а робітники працюють у своєму темпі.

$$\text{Приблизний час завершення} = \frac{\text{Запланована тривалість}}{I_{\text{пр}}} \quad (21)$$

$$\text{Приблизний час завершення} = 463 / 0,99 = 467,67 \text{ днів} \approx 468 \text{ дні}$$

За розрахунком час завершення вийшов трохи більше 463, на 5 днів, що становить одну робочу неділю.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3 Управління ризиками проєкту

Процеси ухвалення рішень в управлінні проєктами відбуваються переважно за наявності невизначеності:

- 1) неповне знання про всі параметри, обставини, ситуацію для вибору оптимального рішення, а також неможливість адекватно і точно врахувати всю навіть доступну інформацію, наявність імовірнісних характеристик поведінки середовища;
- 2) наявність фактора випадковості, тобто реалізації факторів, які неможливо передбачити і спрогнозувати навіть в імовірнісній реалізації.

Отже, реалізація проєкту відбувається за умов невизначеності та ризиків, і ці дві категорії взаємопов'язані. Невизначеність у загальному сенсі – це неповнота чи неточність інформації про умови реалізації проєкту, зокрема пов'язані з нею витрати і результати.

Управління проєктами передбачає не лише констатацію факту наявності невизначеності та ризиків, а і аналіз ризиків і збитків. Ризиками проєктів можна і потрібно управляти. Управління ризиками – це сукупність методів аналізу та нейтралізації факторів ризиків, об'єднаних у систему планування, моніторингу та корегувальних впливів.

Зобразимо аналіз ризику – несвоєчасного будівництва водопропускної труби – методом Ісікаві («риб'ячої кістки»). Цей метод можна наглядно побачити на Малюнку 13.



Малюнок 13. Аналіз ризику

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Управління будівельним проектом охоплює всі необхідні етапи для досягнення його цілей: від ініціювання та планування до виконання, контролю й завершення. Будівельні проекти зазвичай є надзвичайно складними через їхню унікальність, високий рівень невизначеності, технічну складність, а також потребу в тісній співпраці між численними консультантами, підрядниками, постачальниками та державними органами. Крім того, вони часто стикаються з логістичними труднощами, обумовленими місцем реалізації, несприятливими погодними умовами, різноманітністю технологій та специфікою обмежень замовника.

Такі проекти вимагають значних часових і фінансових ресурсів, тому важливу роль відіграє ефективне управління для забезпечення дотримання термінів і бюджету. У межах курсової роботи було розглянуто методи управління, які спрямовані на контроль витрат, ресурсів і графіка виконання робіт. Це дало можливість здобувачам опанувати ключові навички, притаманні менеджеру проекту, зокрема: планування, організація, контроль і відповідальність за своєчасне та якісне завершення будівництва.

Керівник проекту виступає як головний координатор, який узгоджує дії всіх учасників процесу та забезпечує ефективну комунікацію між сторонами. У динамічному середовищі, де рішення потрібно ухвалювати швидко, важливо, щоб одна особа брала на себе лідерство та відповідальність. Такий керівник має володіти повноваженнями для оперативного реагування на виклики, приймати рішення від імені проекту та тримати під контролем усі ключові процеси.

Управління проектом є стратегічною функцією, яка забезпечує об'єднання зусиль усіх зацікавлених сторін в єдину команду задля досягнення спільної мети. Водночас завершення будівництва не означає завершення проекту — важливим етапом є оцінка досягнутих результатів, вивчення досвіду та його подальше застосування, що сприяє успішнішому виконанню майбутніх проектів.

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Кошторисні норми України. Ресурсні елементи кошторисні норми на будівельні роботи. Тунелі та метрополітени (Збірник 29). Чинний від 2021-12-31. Київ: Мінрегіон України, 2021. 660 с.
2. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення: метод. посіб. з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності / Л. М. Козар, Є. В. Коновалов, А. О. Лапко та ін. Харків: УкрДАЗТ, 2014. 58 с.
3. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Зі змінами № 1 та № 2. Чинний від 2022-07-01. Київ: Мінрегіон України, 2022. 40 с.
4. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Чинний від 2017-01-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с.
5. ДСТУ-Н Б А.3.1-24:2013. Настанова з організації системи управління якістю будівництва. Чинний від 2014-10-01. Київ: Мінрегіон України, 2014. 40 с.32
6. ДСТУ EN ISO 16484-1:2014. Автоматизовані системи моніторингу та управління будівлями (АСМУБ). Ч. 1. Характеристики проекту та реалізація (EN ISO 16484-1:2010, IDT). Чинний від 2016-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. 40 с.
7. ДСТУ EN ISO 41001:2021. Системи управління інфраструктурою. Вимоги та настанови щодо застосування (EN ISO 41001:2018, IDT; ISO 41001:2018, IDT). Чинний від 2022-09-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. 30 с.
8. ДСТУ ISO 10003:2019. Управління якістю. Задоволеність замовників. Настанови щодо розв'язання спорів поза межами організації (ISO 10003:2018, IDT). Чинний від 2021-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 25 с.
9. ДСТУ ISO 10004:2019. Управління якістю. Задоволеність замовників. Настанови щодо моніторингу та оцінювання (ISO 10004:2018, IDT). Чинний від 2021-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 25 с.
10. ДСТУ ISO 10006:2018. Управління якістю. Настанови щодо управління якістю в проектах (ISO 10006:2017, IDT). Чинний від 2020-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 80 с.

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. ДСТУ ISO 22263:2020. Організація інформації про будівлі та споруди. Структура управління інформацією про проєкт (ISO 22263:2008, IDT). Чинний від 2022-10-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 40 с.

12. ІН А.3.1-218-312:2008. Інструкція про порядок складання, погодження і затвердження проєктів організації будівництва і проєктів виконання робіт в дорожній галузі (до ДБН А.3.1-5-96. Організація будівельного виробництва). Чинний від 2008-12-08. Київ: Укравтодор, 2008. 50 с.

13. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. Чинний від 2014-01-01. Київ: Мінрегіон України, 2014. 34 с

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		