УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Будівельний факультет

Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою

Геодезичне забезпечення будівництва під'їзної залізничної колії ТОВ "Зернова індустрія".

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

ВПГЗ. 321.193.2026.ПЗ.

Розробив: студент гр. 133-ГЗ-Д23
Віталій СТЕПАНЕНКО
Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій (роботу виконано самостійно, відповідно до принципів академічної доброчесності)
Керівник: к.т.н доц. Орел Є. Ф.
Нормоконтроль: к.т.н доц. Орел Є. Ф.
Зав.кафедри: д.т.н проф. Угненко Є. Б.

Рецензент: декан будівельного факультету Українського державного університету залізничного транспорту к.т.н. доц. кафедри "Залізнична колія і транспортні споруди" Дудін О. А.

2026 рік

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Будівельний»

Кафедра «Вишукувань та проектування шляхів сполучення геодезії та землеустрою»

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, д.т.н., професор
_____ Є.Б.Угненко
(підпис)
« ____ » _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Степаненко Віталію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ПІД'ЇЗНОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ТОВ "ЗЕРНОВА ІНДУСТРІЯ"
керівник роботи Орел Євген Федорович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена розпорядженням по будівельному факультету від « 18 » 05 2026 року № 5
2. Строк подання студентом проекту « 10 » червня 2026 року.
3. Вихідні дані проекту Нормативна та методична література. Джерела літератури за темою досліджень, дані знімань, геодезична основа, каталоги координат. Характеристика об'єкту.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) організація виконання робіт, геодезичне забезпечення робіт, контроль якості робіт, охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Проект виконання геодезичних робіт. План колії та смуги відведення. Поздовжній профіль, Розмічувальні роботи.

6. Консультанти окремих розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 22 травня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Обробка вихідних даних	20.05.2026	
2.	Розробка та написання першого розділу роботи	25.05.2026	
3.	Розробка та написання другого розділу роботи	27.06.2026	
4.	Розробка та написання третього та четвертого розділу роботи	1.06.2026	
5.	Розробка та написання п’того та шостого розділів роботи	8.06.2026	
6.	Перевірка на плагіат	10.06.2026	
7.	Нормоконтроль, та ДЕК	22.06.26	

Студент  Віталій Степаненко

Керівник роботи  Євген ОРЕЛ

Анотація

Дана кваліфікаційна робота включає в себе:пояснювальна записка - 70 с., 9 табл., 16 рис., 12 джерел,16 слайдів презентації.

Ключові слова: інженерно-геодезичні вишукування, топографічний план, транспорт, під'їзні колії, геодезичні роботи, організація робіт, будівництво.

Об'єкт дослідження – під'їзна залізнична колія ТОВ "Зернова індустрія", Сумська область, с.м.т. Низи..

Предмет дослідження – комплекс інженерних та геодезичних робіт який використовується при будівництві та реконструкції лінійних споруд.

Мета дипломної роботи – проведення комплексу інженерно-геодезичних робіт за допомогою сучасних технологій на території об'єкту будівництва.

Методи дослідження – аналіз програмних засобів, методи обробки даних, методи алгоритмічних розрахунків, аналітичні розрахунки.

Опрацьовано комплексний підхід до інженерно-геодезичних робіт для будівництва об'єкту на прикладі робочого проекту.

Практичне значення одержаних результатів полягає у оригінальних способах розмічування залізничної інфраструктури.

Summary.

This thesis includes: an explanatory note—70 pages, 9 tables, 16 figures, 12 references, and 16 presentation slides.

Keywords: engineering and geodetic surveys, topographic map, transportation, access tracks, geodetic work, work organization, construction.

Research object – the access railway track of Zernova Industry LLC, Sumy Region, the urban-type settlement of Nizy.

Subject of the study – a complex of engineering and geodetic works used in the construction and reconstruction of linear structures.

The aim of the thesis is to carry out a complex of engineering and geodetic works using modern technologies at the construction site.

Research methods – analysis of software tools, data processing methods, algorithmic calculation methods, analytical calculations.

A comprehensive approach to engineering and geodetic works for the construction of the facility has been developed using a working project as an example.

The practical significance of the obtained results lies in the original methods of marking out railway infrastructure.

ЗМІСТ

Вступ……7
1. Вихідні дані для розробки проекту……8
2. Організація виконання робіт з улаштування під'їзної колії……10
2.1 Визначення обсягу земляних робіт……10
2.2 Побудова графіків попікетних об'ємів і кумулятивної кривої ……13
2.3 Розбивка кумулятивної кривої на ділянки……16
2.4 Визначення геометричних розмірів резерву та кавал'єру……18
2.5 Визначення дальності возки ґрунту на робочих ділянках……21
2.6 Вибір способів виконання робіт, комплектів машин та визначення строків виконання основних робіт……24
2.7 Визначення складу, об'ємів та вибір способів виконання підготовчих та укріпних робіт……27
2.7.1 Підготовчі роботи……27
2.7.2 Обробно-планувальні та укріпні роботи……32
2.8 Календарний графік виконання робіт……36
3 Розрахунок укладання скорочених рейок у кривій……38
4 Контроль якості робіт……41
5 Геодезичне забезпечення робіт……43
5.1 Перенесення проектної траси на місцевість……43
5.2 Розмічування залізничної кривої……45
5.3 Розмічування земляного полотна……51
5.4 Розмічування звичайного стрілочного переводу……56
5.5 Розмічування примикання колій……58
5.6 Розмічування з'їзду……60

5.7 Розмічування стрілочної вулиці……61
6 Охорона праці ……..……63
6.1 Коротка характеристика об’єкту ……63
6.2 Охорона праці при виконанні геодезичних робіт ……64
Список використаних джерел……69

Вступ

Метою дипломного проекту є розробка проекту інженерних та геодезичних робіт зі спорудження під'їзної колії в ТОВ "Зернова індустрія". Під'їзні колії відносяться до колій спеціального призначення, які виконують обслуговування підприємств, складів, баз та ін.

Геодезичне забезпечення будівництва під'їзних залізничних колій є фундаментальною складовою інженерно-будівельного процесу, від якої безпосередньо залежить безпека, надійність та довговічність транспортної інфраструктури промислових і логістичних об'єктів. Під'їзні колії з'єднують внутрішні транспортні мережі підприємств із загальною залізничною мережею країни, забезпечуючи безперебійний вантажообіг. Специфіка цих об'єктів — наявність кривих малого радіуса, обмеженість території та складні умови примикання — вимагає максимальної точності на кожному етапі геометричного контролю.

Сучасний комплекс геодезичних робіт охоплює весь життєвий цикл будівництва: від первинних топографо-геодезичних вишукувань і винесення проєкту в натуру до виконавчого знімання та моніторингу деформацій. Використання передових технологій, таких як супутникові GNSS-системи, високоточні електронні тахеометри та цифрові нівеліри, дозволяє мінімізувати похибки та забезпечити суворе дотримання чинних будівельних норм і стандартів. У данной роботі розглянуто ключові етапи, методи та особливості геодезичного супроводу, які гарантують якісне зведення під'їзних залізничних колій.

Метою роботи є визначення комплексу процесів геодезичного забезпечення під час будівництва під'їзних залізничних колій для забезпечення їхньої геометричної точності, експлуатаційної надійності та безпеки руху.

1 Вихідні данні для розробки проекту

Район будівництва - Сумська область. Сумська область розташована у північно-східній частині Лівобережної України. Найвища точка області — 246,2 м над рівнем моря. Областю проходять декілька транспортних коридорів. На півдні, сході та заході Сумщина межує із Харківською, Полтавською та Чернігівською областями України. Відстань від обласного центра до Києва 350 км. Клімат помірно континентальний. Зима прохолодна, літо не спекотне. Середня температура липня +19 °С, січня −7,5 °С. Максимум опадів випадає влітку у вигляді дощів. Середньорічна їх кількість становить від 550 до 700 мм.

Ґрунти області різноманітні. Розміщення їх має яскраво виражений зональний характер. Ґрунтовий шар області сформувався на лесових породах, ґрунти представлені в основному чорноземами. Сумська область – високо розвинутий індустріальний регіон держави, промисловість якої грає значну роль в структурі народногосподарського комплексу України. На її території розташовані підприємства машинобудування і металообробки, харчової і легкої промисловості та інших галузей.

На ділянці будівництва земляне полотно представлене насипами та виїмками.

У даному дипломному проекті розглядається питання будівництва та геодезичні роботи під'їзної колії, що має довжину 3 км. Дана колія є під'їзною колією компанії ТОВ "Зернова індустрія". Верхня будова колії типу Р 50, шпали залізобетонні, епюра шпал 1600 шт/км, товщина баласту під шпалою на піщаній подушці – 25/20 см. Баласт щебеневий.

Стрілочні переводи використовуються марки - 1/11 для головних колій і марки - 1/9 для під'їзних колій.

Керуючий ухил у вантажному напрямку для під'їзних колій не має перевищувати $40^0/_{00}$.

Ширина земляного полотна на під’їзних коліях при щебеневому баласті – 6,5 м.

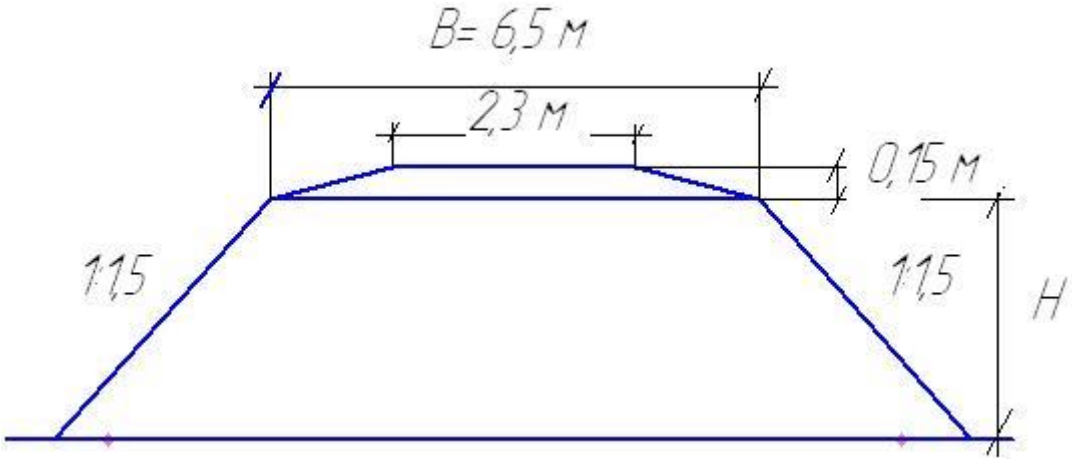


Рис. 1.1- Верхня будова колії

Коефіцієнт ущільнення для під’їзних колій для насипу 0,90.

Поздовжній ухил нагорних та водовідвідних канав повинний бути не менш $3^0/_{00}$

Ширина баластної призми зверху – 3,45 м.

Максимальна швидкість руху на під’їзних коліях – 40 км/год. для вантажних потягів з маневровим або під’їзним порядком руху.

Габарит наближення споруди прийнятий по ДБН 1.2-14-2009.

Будівництво розташоване у засвоєному районі, забезпеченому електроенергією, водою та іншими ресурсами, які використовуються для потреб будівництва. Для можливості під’їзду автотранспорту до об’єктів, що будуються, у підготовчий період виконуються роботи по будівництву тимчасових доріг.

2 Організація виконання робіт зі спорудженням під'їзної колії

2.1 Визначення обсягу земляних робіт

Проектування різноманітних технологічних процесів зі спорудження земляного полотна засновується на відомих обсягах робіт.

При розрахунку об'ємів земляних робіт йдуть деякі допущення, так як геометричні фігури, якими замінюють фактичні ґрунтові масиви, у загальному випадку мають неправильну форму. Визначення обсягів робіт з великою точністю не має практичного сенсу; у процесі спорудження земляного полотна неможливо досягти точного повторення проектних розмірів поперечного профілю.

У зв'язку з цим при виконанні геодезичних робіт поздовжній профіль нівелюють через 100м (один пікет) і тільки у випадку різких переломів поздовжнього профілю відбувається знаходження пікетного значення нульових точок на поздовжньому профілі. Для цього використовується дана розрахункова схема.

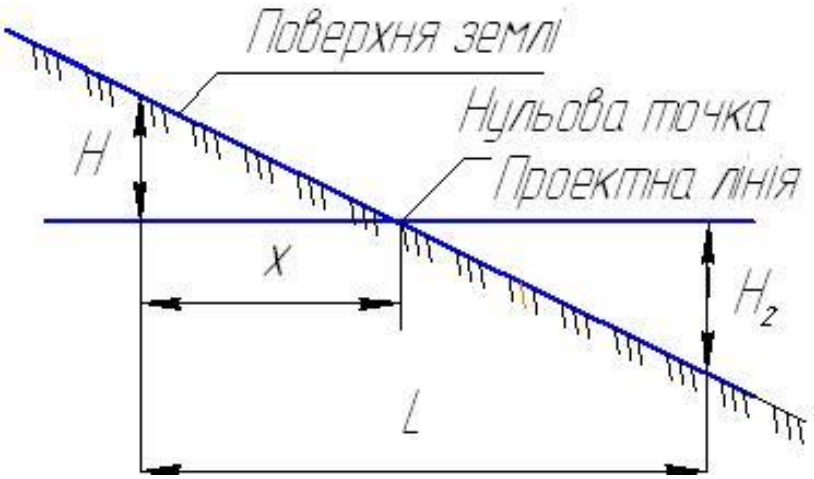


Рис. 2.1 – Розрахункова схема для знаходження пікетного значення нульових точок

а також розрахункова формула:

$$x = \frac{H_1 + L}{H_1 + H_2} \quad (2.1)$$

$$x_1 = \frac{0{,}2 \times 100}{0{,}2 + 0{,}3} = 40; \qquad x_2 = \frac{0{,}5 \times 40}{0{,}5 + 0{,}3} = 25$$

З цього виходить, що нульові точки будуть розташовані на пікетах: ПК 1 +40, ПК 11, ПК 19 +25, ПК 22, ПК 25.

Крім цього враховується об'ємні поправки, що корегують основні об'єми у відповідності з особливостями ділянки залізничної лінії, що будується. У даному проекті це наступні поправки:

- додатковий обсяг від поширення земляного полотну на кривих ділянках колії;

- обсяг, який займає водопропускна труба.

Об'єм, який займає водопропускна труба, віднімається від об'єму насипу на пікеті, що розглядається, і визначається за формулою:

$$V\text{тр} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \left[b + m_0 \cdot \left(2 \cdot H_{\text{тр}} - d\right)\right] \quad (2.2)$$

де d – зовнішній діаметр труби у м;

$H_{тр}$ – висота насипу у місці улаштування труби, м;

m_o – показник крутизни укосу насипу;

$$V\text{тр} = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}2^2}{4} \cdot [6{,}5 + 1{,}5 \cdot (2 \cdot 4 - 1{,}2)] = 18{,}88 \approx 19 \text{ м}^2$$

Довжина труби визначається за наступною формулою:

$$L_{\text{тр}} = \text{В} + 2 \cdot \left(\text{Н} - \frac{d}{2}\right) \cdot m \quad (2.3)$$

де В – ширина основного майданчику насипу;

H – висота насипу у місці улаштування труби;

d – отвір труби;

m – крутизна укосу.

$$L_{\text{тр}} = 6{,}5 + \left(4 - \frac{1{,}25}{2}\right) \cdot 1{,}5 = 16{,}6 \text{ м}$$

Розрахунок повного обсягу робіт зі спорудження водопропускної труби наведений у таблиці 2.1.

Підрахунок обсягів земляних робіт проводиться у табличний формі, записується окремо розрахункові значення за виїмками та насипами у графах 8 і 9, а обсягові поправки у графах 10 і 11.

Таблиця 2.1 - Розрахунок об'ємів робіт при будівництві водопропускної труби

Пікет	Найменування і тип споруди	Висота насипу, м	Об'єм робіт, м^3							Ізоляція		Земляні роботи м^3	Оборотна засипка м^3
			Ланки				Оголовки						
			Піщано-щебенева підготовка	Фундамент	Лекальні блоки	Ланки	Піщано-щебенева підготовка	Фундамент	Верхня частина	ланки	блоки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ПК 15	КЖБТ Ø 1,25 L=16,6м	4,0	0,2 / 4,58	0,8 / 18,32	0,48 / 10,99	0,81 / 18,55	4,5 / 9,0	4,2 / 4,2	14,2 / 14,2	1,2 / 27,5	3,8 / 3,8	56,51	2000 / 458

2.2. Побудова графіків попікетних об’ємів і кумулятивної кривої

Об’єми робіт, що розраховані у таблиці 2.2 являють собою профільну кубатуру. При виконанні робіт користуються терміном «робоча кубатура». До неї входить увесь розроблений ґрунт у виїмках, резервах. Ґрунт з резерву відсипається до насипу. Ґрунт виїмок частково відсипається до насипу і, у цьому випадку, укладається у кавальєр. Для правильної оцінки робочої кубатури при побудові графіку попікетних об’мів необхідно враховувати ряд конструктивних та технологічних особливостей земляного полотна, що будується. Розробка виїмок при виконанні основних робіт виконується не на повний профіль і доводиться до проектного абрису при плануванні ухилів та нарізки зливної призми. Відсипка насипу виконується з перевищенням проектного профілю з метою забезпечення її осідання на планування і з урахуванням витрат. Таким чином, з урахуванням практичних можливостей розподілу, попікетні обсяги насипів беруть з коефіцієнтом 0,9. Об’єми, з урахуванням даних коефіцієнтів, підраховані в таблиці 2.2.

Графік пікетних об’ємів земляних мас по елементам будуємо у масштабі відстаней профілю. Об’єми ґрунту показуємо стовпчиками у вільному масштабі та відкладаємо на дільницях виїмок та насипів у різні боки від осі відліку, для насипів – до низу (від’ємні значення), для виїмок – до верху (додатні значення). За видом графіку можна зробити висновок на яких дільницях профілю сконцентровані більші, а на яких – менші обсяги земляних робіт.

Якщо приріст обсягів у межах кожного елементу виразити прямою, а потім просумувати з урахуванням різних знаків для насипів та виїмок, то отримуємо кумулятивну криву, яка дозволяє судити про баланс земляних мас на дільниці.

Ординати кумулятивної кривої визначаються шляхом послідовного додавання попікетних обсягів зі своїми знаками. У результаті отримується хвилеподібна крива з екстремумами на межах насипів та виїмок. Масштаб

побудування та положення осі виконується та вибирається за сумою максимальної додаткової та мінімальної від'ємної ординати кривої. У даному дипломному проекті кумулятивна крива до верху від осі відліку, що вказує на зайвий ґрунт на дільниці.

Таблиця 2.2 - Відомість розрахунку об'єму земляних робіт

кілометри	ПК +	Робочі відмітки		Відстань, м	H_{1+} H_2	H_{1-} H_2	Розрахунковий об'єм		Поправки		Об'єм з поправками		пікетні об'єми		Пома-сивні об'єми		Ординати кумулятивної кривої
		Н	В						призматоїд.	у кривих	Н	В	Н	В	Н	В	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	1		100	1,20	0,80	510				510		510		563	19523	-510
	1	0,20		50	0,20	0,20	53				53		53				-563
	+50		0	50	0,30	0,30		115				115		115	17761		-448
	2		0,30	100	1,30	0,70		805				805		805			357
	3		1,0	100	2,75	0,75		1772		85		1857		1857			2214
	4		1,75	100	3,5	0		2334		100		2434		2434			4648
	5		1,75	100	3,75	0,25		2531		50		2581		2581			7229
	6		2,0	100	4,25	0,25		2938		18		2956		2956			10185
	7		2,25	100	4,75	0,25		3364		25		3389		3389			13574
	8		2,50	50	4,50	0,50		1574		95		1669		1669			15243
	+50		2,0	50	3,75	0,25		1265		55		1320		1320			16563
	9		1,75	100	2,75	0,75		1772				1772		1772			18335
1	0		1,0	100	1,00	1,00		625				625		625			18960

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	1		0	100	1,00	1,00	429				429		429				18531
	2	1,0		100	3,00	1,00	1379				1379		1379				17152
	3	2,0		100	5,00	1,00	2629				2629		2629				14523
	4	3,0		100	7,00	1,00	4179				4179		4179				10344
	5	4,0		25	7,62	0,38	950				950		950				9394
	+25	3,62		75	6,62	0,62	2700				2700		2700				6694
	6	3,00		100	5,5	0,5	2988				2988		2988				3706
	2,5		50	4,25	0,75	1062					1062		1062				2644
	+50	1,75		50	3	0,5	689				689		689				1955
	8	1,25		25	2,37	0,13	225				225		225				1730
	+25	1,12		75	1,62	0,62	481				481		481				1249
	9	0,5		25	0,5	0,5	50				50		50				1199
		0		15	0,3	0,3		44				44		44			1243
	+40		0,3	60	1,3	0,7		483				483		483			1726
2	0		1,0	100	1,5	0,5		929				929		929	1795	3465	2655
	1		0,5	100	0,5	0,5		339				339		339			2994
	2		0	100	0,75	0,75		482				482		482			2512
	3	0,75		100	1,15	0,35	501				501		501				2011
	4	0,40		100	0,40	0,40	239				239		239				1772
	5	0		100	0,40	0,40	239				239		239				1533
	6	0,40		100	1,15	0,35	489				489		489				1044
	7	0,75		100	1,45	0,05	616				616		616				428
	8	0,70		100	1,20	0,2	510				510		510				- 82
	9	0,50		100	0,90	0,1	389				389		389				- 471
3	0	0,40															

2.3 Розбивка кумулятивної кривої на ділянки

При розбитті земляних масивів на робочі ділянки з використанням кумулятивної кривої слід враховувати її властивості:

- ордината будь-якої точки, яка лежить на кривій, являє собою алгебраїчну суму виїмок та насипів, що лежать у межах ділянки від початкової точки побудови кривої до даної точки;

- екстремуми кривої відповідають нульовим точкам поздовжнього профілю;

- будь-яка лінія, що проведена паралельно осі абсцис, відсікає на кривій ділянку земляного полотна, що відповідає на профілі часткам виїмки та насипу, об'єми яких рівні між собою та вимірюються висотою відсіченого сегменту;

- площа вказаного сегменту являє собою добуток обсягу виїмки на середню дальність переміщення ґрунту до насипу, що є роботою з переміщення ґрунту з виїмки до насипу .

Вказані властивості кривої зростаючих об'ємів дозволяють вирішувати ряд практичних задач при розподіленні земляних мас, отже: встановити, яка частка виїмок розташовується у прилеглих насипах, визначити приблизну середню дальність возки з виїмки до насипу та встановити межі возки до насипу.

При розбивці кумулятивної кривої на ділянки необхідно наступне. По-перше, врахувати властивості кривої перелічені раніше. По-друге, прагнути до мінімального числа ділянок, у тому числі намагатися уникнути поперечної возки ґрунту, так як вона припускає збільшення ширини полоси відводу з заняттям родючих земель та вирубкою лісонасаджень. По-третє, враховувати наявність водних та інших перешкод, мостових переходів, які можуть перешкоджати ефективному використанню повздовжньої возки ґрунту.

Повздовжня возка ґрунту – транспортування з виїмки до насипу, відстань переміщення ґрунту визначається між центрами їх ваги.

Поперечна возка ґрунту – відстань переміщення ґрунту, спрямованим між центром ваги виїмки та кавальєру у поперечному перерізі.

На дільниці з повздовжньою возкою об’єм виїмки рівний об’єму насипу.

Розбивка на ділянки закінчується тим, що на кривій вказується номера ділянок, їх меж, і довжину ділянки $L_{діл}$, об’єм земляних мас, що переміщують, середню відстань між центром ваги мас, які переміщуються (для повздовжньої возки).

У даному проекті кумулятивна крива розбита на п’ять ділянок.

Ділянка №1 транспортування ґрунту з виїмки до насипу

$$V\text{діл} = 563 \text{ м}^3$$
$$L\text{в} = 150 \text{ м}$$

Ділянка №2 транспортування ґрунту з виїмки до кавальєру

$$V\text{діл} = 1199 \text{ м}^3$$
$$L\text{в} = 21 \text{ м}$$

Ділянка №3 транспортування ґрунту з виїмки до насипу

$$V\text{діл} = 17761 \text{ м}^3$$
$$L\text{в} = 990 \text{ м}$$

Ділянка №4 транспортування ґрунту з виїмки до насипу

$$V\text{діл} = 1795 \text{ м}^3$$
$$L\text{в} = 425 \text{ м}$$

Ділянка№5 транспортування ґрунту з резерву до насипу

$$V\text{діл} = 1670 \text{ м}^3$$
$$L\text{в} = 11 \text{ м}$$

2.4 Визначення геометричних розмірів резерву та кавал'єру

На ділянках з повздовжньою возкою ґрунту (№2 та №5) необхідно визначити геометричні розміри резерву і кавальєру. Ці розміри залежать від об'єму насипу або виїмки та від наміченого розташування.

Резерв закладають у безпосередньо близько від насипу, відділяючи лише бермою, та розроблюють уздовж насипу по всій або значній частці її протяжності. Резерви не улаштовують у межах станційних площадок, на територіях забудови. Відстань між зовнішньою брівкою резерву і межею полоси відводу повинна бути не менш 1 м, між внутрішньою брівкою і підошвою насипу не менш 3 м.

У кавальєри перекидають ґрунт з виїмок у випадку непридатності або недоцільності застосування його у насипу. Кавальєри відсипають за межами виїмки з обох або з одного боку. Кавальєри мають вид трансцендального валу з укосами крутизною 1:1,5 м та верхньою площадкою з ухилом не менш 0,02 у бік від виїмки. Відстань від підошви кавальєру до бровки виїмки повинна бути не менш 5 м.

Площа поперечного перерізу для резерву або кавальєру визначаємо за формулою:

$$\omega = \frac{V_{\text{діл}}}{L_{\text{діл}}} \tag{2.4}$$

де $V_{\text{діл}}$ – об'єм робіт на ділянці, м;

$L_{\text{діл}}$ – довжина ділянки, на якій розробляється резерв або відсипається кавальєр, м

для ділянки № 2, кавальєр

$$\omega = \frac{1199}{75} = 15{,}98 \text{ м}^2$$

для ділянки №5, резерв

$$\omega = \frac{1670}{250} = 6{,}68 \text{ м}^2$$

Площа поперечного перерізу $\omega < 20 \text{ м}^2$, отже глибину резерву приймаємо 1,5 м.

Розрахунок односкатного резерву і кавальєру рахуємо за формулою

$$b_1 = \frac{\omega}{h_0} - 1{,}5 \times h_0 \quad (2.5)$$

$$b_2 = \frac{\omega}{h_0} + 1{,}5 \times h_0 \quad (2.5)$$

$$h_1 = h_0 - 0{,}01 \times b_1 \quad (2.6)$$

$$h_2 = h_0 + 0{,}01 \times b_2 \quad (2.6)$$

де ω – площа поперечного перерізу: а також використовуємо розрахункові схеми.

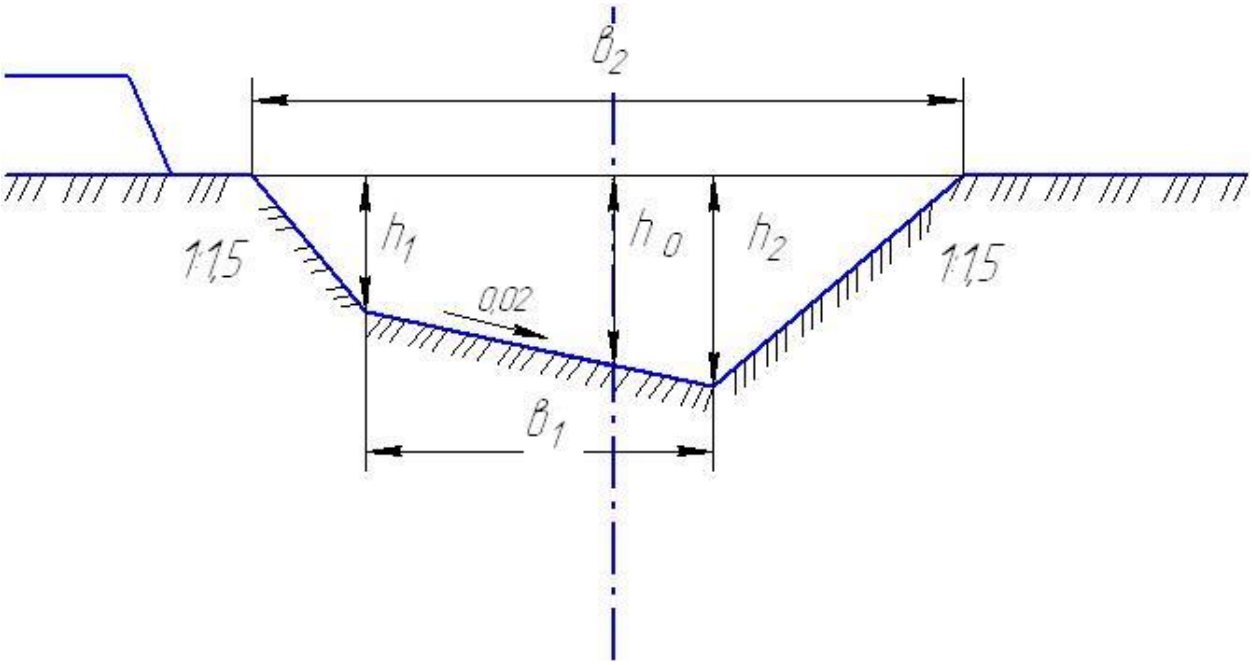


Рис 2.2 - Схема односкатного резерву

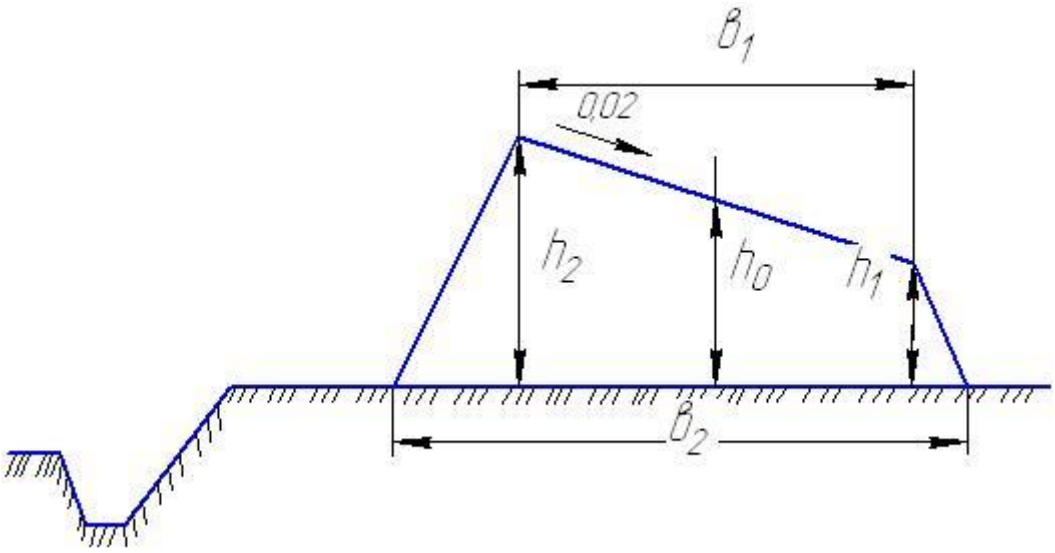


Рис. 2.3 - Схема кавальєру

Розрахунок розмірів кавальєру

$$b_1 = \frac{15{,}98}{1} - 1{,}5 \times 1 = 14{,}48 \text{ м}$$

$$b_2 = \frac{15{,}98/1}{1} + 1{,}5 \times 1 = 17{,}48 \text{ м}$$

$$h_1 = 1 - 0{,}01 \times 14{,}48 = 0{,}85 \text{ м}$$

$$h_2 = 1 + 0{,}01 \times 14{,}48 = 1{,}14 \text{ м}$$

Розрахунок розмірів резерву

$$b_1 = \frac{6{,}6}{1} - 1{,}5 \times 1 = 5{,}18 \text{ м}$$

$$b_2 = \frac{6{,}68}{1} + 1{,}5 \times 1 = 8{,}18 \text{ м}$$

$$h_1 = 1 - 0{,}01 \times 5{,}18 = 0{,}95 \text{ м}$$

$$h_2 = 1 + 0{,}01 \times 5{,}18 = 1{,}05 \text{ м}$$

Отже, на дільниці №5 закладаємо односкатний резерв з поперечним ухилом 0,02; ухили резерву крутизною 1 : 1,5.

На дільниці №2 відсипаємо кавальєр з укосами крутизною 1 - 1,5 та верхньою площадкою з ухилом 0,02 у бік від виїмки.

2.5 Визначення дальності возки ґрунту на робочих ділянках

Для вибору способів виконання робіт необхідно знати середню довжину возки ґрунту.

Фактична дальність возки ґрунту з виїмок до насипу буде більшою за кумулятивною кривою, внаслідок збільшення колії на в'їзди, повороти та маневрування машин, долання підйомів або спусків. Це збільшення враховується введенням коефіцієнту розвитку на відстань між центрами ваги переміщення мас.

Для повздовжньої возки дальність транспортування ґрунту визначається за формулою:

$$L_{\text{в}} = 1{,}2 \times L_{\text{ср}} \qquad (2.7)$$

Повздовжня возка для транспортування ґрунту $L_{\text{в}}$ залежить від геометричних розмірів насипу і резерву, виїмки і кавальєру.

Розрахункові схеми для визначення дальності возки.

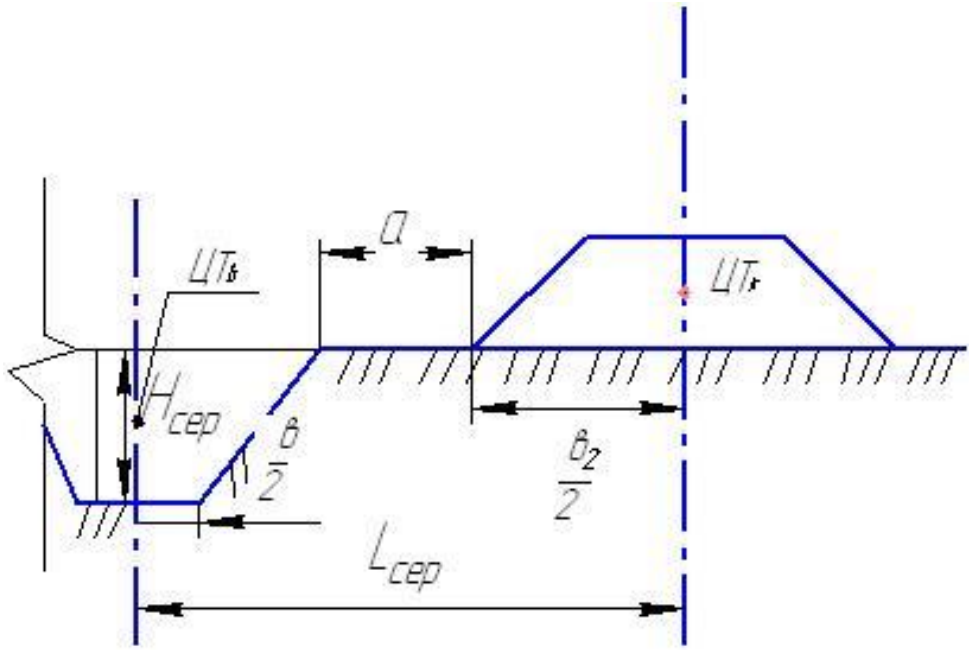


Рис 2.4 - Схема визначення дальності возки при розробці виїмки в кавальєр

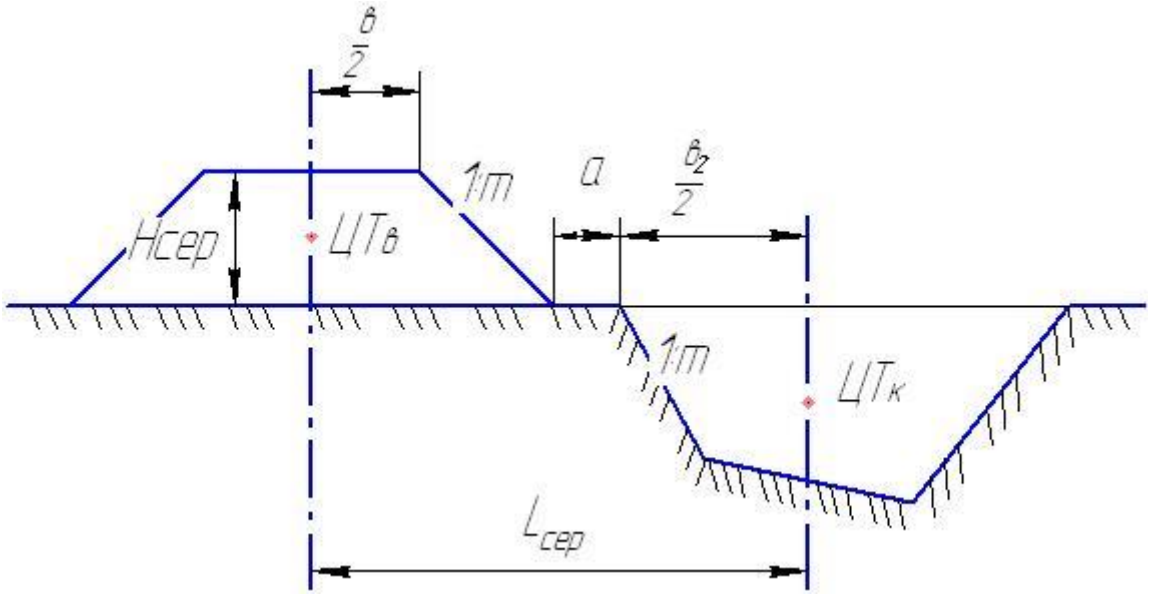


Рис 2.5 - Схема визначення дальності возки при побудові насипу з резерву

Відповідно цим схемам середня відстань між центрами ваги масивів, що переміщуються, визначається за формулою

$$L_{\text{сер}} = \frac{\text{B}}{2} + m_0 \times H_{\text{сер}} + \text{a} + \frac{b_2}{2} \quad (2.8)$$

де В – ширина основного майданчика для насипу і ширина виїмки знизу; для виїмки

$$B = b + 4{,}4 \quad (2.9)$$

де 4,4 - ширина двох кюветів зверху, м;

а– ширина берми, мінімальна величина для насипу а = 3 м, для виїмки – $\text{a} = 5$ м;

b_2 – ширина більшої основи трапеції спорудження, що розглядається

$$B = 6{,}5 + 4{,}4 = 10{,}9 \text{ м}$$

ділянка №2:

$$L_{\text{сер}} = \frac{10{,}9}{2} + 1{,}5 \times 1 + 5 + \frac{17{,}48}{2} = 20{,}69 \approx 21\text{м}$$

ділянка №5:

$$L_{\text{сер}} = \frac{6{,}5}{2} + \ 1{,}5 \times 0{,}45 + 3 + \frac{8{,}15}{2} \ = 11 \text{ м}$$

Середня дальність возки з урахуванням суми висот, які завдають перешкоди, визначається за формулою

$$L_{\text{в}} = \sqrt{(L_{\text{сер}}^2 + (\text{H}_{\text{сер}} + h)^2\ )} \quad (2.10)$$

де h – висота кавальєру або глибина резерву, м

$H_{сер}$ – середня робоча відмітка;

ділянка№ 2:

$$L_в = \sqrt{21^2 + (1+1)^2} = 21 \text{ м}$$

ділянка № 5:

$$L_в = \sqrt{11{,}1^2 + (1+0{,}45)^2 = 11 \text{ м}}$$

2.6 Вибір засобів виконання робіт, комплектів машин та термінів виконання основних робіт

Вибір засобів виконання робіт і ведучих комплектів машин виконується у залежності від технологічних параметрів земляного полотна, технологічних і організаційних вимог, що впливають на виконання робіт, області використання ведучих машин і конструктивно-експлуатаційних параметрів, а також техніко-економічних показників роботи цих машин на ділянках, які розглядаються, і здійснюється з урахуванням:

- конструкції земляного полотна;
- характеристиці ґрунтів і трудомісткості їх розробки;
- робочих відміток;
- об’ємів робіт та термінів їх виконання;
- дальності транспортування ґрунту;
- умов рельєфу місцевості;
- технічних можливостей використання тих чи інших типів машин у заданих умовах виконання робіт.

З урахуванням наведених рекомендацій та характеру місцевості і кумулятивної кривої розподіляємо земляні маси на ділянках, а також вибираємо комплекти машин. На дільницях № 1, 3, 4 будуть працювати самохідний скрепер 8 м^3, марки Д 357 М. Цей вибір обумовлений тим, що використання скреперу на даних ділянках найбільш раціональний. Скрепери використовують для роботи в ґрунтах заданої II групи трудомісткості розробки. Дальність возки – 3000 м. Скрепер виконує розробку виїмок до насипу. На дільницях № 2, 5 використовуємо бульдозер марки ДЗ-118. Бульдозер працює на розробці виїмки у кавальєр і при будуванні насипу з резерву.

Визначення кількості комплектів машин та термінів виконання робіт основного періоду на ділянках наводиться у табличній формі – таблиця 2.3.

До основних робіт відносяться:

- рихлення щільних ґрунтів, за умовами їх наступної розробки машинами;

- розробка ґрунтів у виїмках, резервах, що закладаються біля насипу;

- транспортування ґрунту до насипу, в кавальєри та відвали;

- укладання ґрунту , його пошаровий розподіл та ущільнення;

- улаштування та наступне видалення в'їздів та роз'їздів для транспортних засобів;

- підготовка основи для насипів, що потребує змінення природного обрису поверхні (нарізка уступів, виторфовування).

Заповнення таблиці починається з граф 1 – 5, які заповнюються за вже порахованими раніше даними: дальності возки, об'ємів ділянок, заданої групи ґрунтів, обраних ведучих комплектів машин. Визначаємо необхідну кількість машино-змін;

$$M_{зм\ i} = \frac{V_i \times H_{ч_i}}{100 \times t_{зм}} \qquad (2.11)$$

де V_i – об'єм робіт на і ділянці;

$Н_{чі}$ – норма часу у маш-год. на розробку 100 $м^3$ ґрунту;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Далі розраховується необхідна кількість машин для виконання робіт на ділянках, які розглядаються, продовж заданого терміну за формулою

$$N = \frac{\sum M_{зм_i}}{T_{осн} \times \beta} \quad (2.12)$$

де β – змінність робіт;

$Т_{осн}$ – заданий термін виконання робіт;

$$Т_{осн} = Т_{заг} - Т_{пп} \quad (2.13)$$

де $Т_{пп}$ - термін виконання підготовчих та обробно-планувальних робіт;

$Т_{осн}$ = 18 днів.

Розрахункова кількість машин N округлюється у більший бік до цілого.

Для прийнятої кількості ведучих машин визначаємо терміни виконання робіт на кожної робочої ділянці:

$$t_{діл} = \frac{М_{зм_i}}{N \times \beta} \quad (2.14)$$

Таблиця 2.3 - Відомість визначення кількості комплектів машин та термінів виконання робіт основного періоду на ділянках

Номер ділянки	$L_в$, км	$V_{діл}$, $м^3$	Група ґрунту	Ведуча машина комплекту	Витрати праці		Змінність	Кількіст. ведучих машин	Термін виконання робіт по ділянках
					ДБН маш ч	маш-зм.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.15	563	II	скрепер самохід. 8 $м^3$ Д- 357 М	2,9	1,99	2	4	1
3	0.99	17761	II		5,59	121,07			15
4	0,425	1795	II		3,39	$\frac{7,42}{130,48}$			1

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,021	1199	II	Бульдозер ДЗ-118	3,45	5,05	2	1	3
5	0,011	1670	II		1,75	$\frac{3,56}{8,6}$			2

2.7 Визначення складу, об'ємів та вибір засобів виконання підготовчих та укріпних робіт

2.7.1 Підготовчі роботи

До підготовчих робіт відносяться:

- відновлення та закріплення на місцевості траси, межі полоси відводу;
- прибирання з ділянки робіт лісу, чагарнику, пнів, крупного каміння;
- розбивка земляного полотна;
- улаштування доріг;
- улаштування водовідводу з метою перехвату води, яка поступає до земляного полотна, яке будується, а також осушення заболочених чи зволожених ділянок основи;
- зрізання дернової поверхні та рослинного шару ґрунту, підготовка матеріалу для укріплення укосів;
- зняття плодючого шару його складування та подальше використання для рекультивації порушеної площі та робіт по зміцненню;
- улаштування нагірних та водовідвідних канав.

Підготовчі роботи повинні бути виконані до початку основних робіт.

У даному проекті у склад підготовчих робіт входять: зрізка рослинного шару на ПК 0 – ПК15, влаштування нагорних та водовідвідних канав на ПК 0 - ПК 27+50.

Рослинний шар прибирається в основі насипу, по всій ширині полоси відводу. Вивозиться за межу полоси відводу та зберігається у відвалах. Цей рослинний ґрунт у подальшому використовується для рекультивації порушених земель з причини будівельних робіт, для рекультивації кар'єрів, для обрису ухилів насипу та виїмок у межах станції.

Прибирання рослинного шару виконується бульдозером. Якщо товщина рослинного шару не велика, то він переміщується на край полоси відводу, а потім використовується для обрису ухилів. При великій товщині рослинного шару (0,3; 0,4 та більше) він вивозиться автосамоскидами за межу відводу.

Роботи по прибиранню полоси відводу виконують від траси за межу полоси відводу. Бульдозер проходить почергово ліворуч та праворуч, зсуваючи рослинний шар до кордону площадки.

Нагорні та водовідвідні канави встановлюють для запобігання попадання атмосферних опадів у виїмки та в основу насипу.

Нагорні канави встановлюють тільки із верхньої сторони виїмок. Водовідвідні канави біля насипу будують із обох сторін на горизонтальних ділянках. При наявності резерву водовідвідні канави не передбачаються, в наслідок цього на ділянці № 5 водовідвідних канав не буде.

Усі розрахунки визначення обсягів робіт до терміну їх виконання на окремих ділянках зводимо у таблицю 2.4.

Спочатку визначається площа полоси відводу по ділянках, враховуючи наявність резерву та кавальєру

$$S_{\text{і}} = B_{\text{від}_{\text{і}}} \times L_{\text{діл}} \qquad (2.15)$$

де $B_{\text{від і}}$– середня ширина полоси відводу на ділянці;

Середня ширина полоси відводу визначається за формулою:

для ділянки насипу без резервів

$$B_{\text{від}} = 2b_r + 2b_{\text{вк}} + 2b_{\text{бн}} + b_{\text{р}} + b_{\text{он}} \quad (2.16)$$

з одностороннім резервом

$$\text{B}_{\text{від}} = 2\text{b}_{\text{r}} + \text{b}_{1\text{р}} + \text{b}_{\text{вк}} + 2\text{b}_{\text{бн}} + \text{b}_{\text{р}} + \text{b}_{\text{он}} \quad (2.17)$$

де b_{r}– відстань від бровки водовідвідної канави (чи резерву)до межи полоси відводу;

$\text{b}_{\text{вк}}$– ширина водовідвідної канави зверху;

$\text{b}_{\text{бн}}$– ширина берми підошви насипу до бровки водовідвідної канави чи резерву;

$\text{b}_{\text{р}}$– запас для розширення під другу колію;

$\text{b}_{\text{он}}$– ширина основи насипу;

$$b_{\text{он}} = b + 2m_0 \times H_{\text{н}} \quad (2.18)$$

де b– ширина основної площадки насипу;

$\text{b}_{1\text{р}}$ – ширина резерву поверху;

для ділянки виїмки без кавальєру

$$\text{B}_{\text{від}} = 2\text{b}_{\text{r}} + 2\text{b}_{\text{бв}} + \text{b}_{\text{р}} + \text{b}_{\text{нк}} + \text{b}_{\text{зв}} \quad (2.19)$$

з одностороннім кавальєром

$$\text{B}_{\text{від}} = 2\text{b}_{\text{r}} + 2\text{b}_{\text{бв}} + \text{b}_{\text{р}} + \text{b}_{\text{нк}} + \text{b}_{\text{пв}} + b_{1\text{к}} + 1 \quad (2.20)$$

де $\text{b}_{\text{бв}}$ – ширина берми у укосу виїмки;

$b_{нк}$ – ширина нагорної канави зверху;

$b_{1к}$ – ширина кавальєру понизу;

$b_{пв}$ – ширина виїмки поверху;

$$b_{пв} = b + 2b_{вк} + 2m\text{Н}_{в} \quad (2.21)$$

де – b ширина кювету зверху;

Насип 1 $B_{від} = 2 \times 2 + 2 \times 2{,}4 + 2 \times 3 + 4{,}1 + 8{,}3 = 27{,}2$ м

$$b_{пв} = 6{,}5 + 2 \times 1{,}5 \times 1{,}6 = 8{,}3 \text{ м}$$

$$S_{від} = 27{,}2 \times 150 = 4080 \text{ м}^2$$

Виїмка 1 $B_{від} = 2 \times 2 + 2 \times 5 + 4{,}1 + 19{,}9 + 14{,}48 + 1 = 53{,}48$ м

$$b_{пв} = 6{,}5 + 2{,}2 \times 2 + 2 \times 1{,}5 \times 0{,}3 = 19{,}9 \text{ м}$$

$$S_{від} = 53{,}48 \times 75 = 4011 \text{ м}^2$$

Виїмка 2 $B_{від} = 2 \times 2 + 2 \times 5 + 4{,}1 + 15{,}9 = 34$ м

$$b_{пв} = 6{,}5 + 2 \times 2{,}2 + 2 \times 1{,}5 \times 1{,}7 = 15{,}9 \text{ м}$$

$$S_{від} = 34 \times 875 = 29750 \text{ м}^2$$

Насип 2 $B_{від} = 2 \times 2 + 2 \times 2{,}4 + 2 \times 3 + 4{,}1 + 12{,}8 = 31{,}7$ м

$$b_{пн} = 6{,}5 + 2 \times 1{,}5 \times 2{,}1 = 12{,}8 \text{ м}$$

$$S_{від} = 31{,}7 \times 825 = 26152 \text{ м}^2$$

Виїмка 3 $B_{від} = 2 \times 2 + 2 \times 5 + 4{,}1 + 13{,}6 = 31{,}7$ м

$$b_{пв} = 6{,}5 + 2 \times 2{,}2 + 2 \times 1{,}5 \times 0{,}9 = 13{,}6 \text{ м}$$

$$S_{від} = 31{,}7 \times 275 = 8717{,}5 \text{ м}^2$$

Насип 3 $B_{\text{від}} = 2 \times 2 + 2 \times 2{,}4 + 2 \times 3 + 4{,}1 + 8{,}2 = 27{,}15$ м

$$b_{\text{пв}} = 6{,}5 + 2 \times 1{,}5 \times 0{,}6 = 8{,}2 \text{ м}$$

$$S_{\text{від}} = 27{,}15 \times 700 = 19005 \text{ м}^2$$

Насип 4 $B_{\text{від}} = 2 \times 2 + 2{,}4 + 2 \times 3 + 4{,}1 + 5{,}56 + 7{,}7 = 29{,}76$ м

$$b_{\text{пн}} = 6{,}5 + 2 \times 1{,}5 \times 0{,}4 = 7{,}7 \text{ м}$$

$$S_{\text{від}} = 29{,}76 \times 100 = 2976 \text{ м}^2$$

Після підрахунку площі полоси відводу визначаємо обсяг робіт по улаштуванню нагорної та водовідвідної канави на ділянках

$$V_{\text{кан}} = L_{\text{діл}} + \omega_{\text{кан}} = L_{\text{діл}} \times (b_{\text{кан}} + 1{,}5h_{\text{кан}}) \times h_{\text{кан}} \qquad (2.22)$$

де$\omega_{\text{кан}}$ – площа поперечного перетину канави

$b_{\text{кан}}$ – ширина канави понизу

$h_{\text{кан}}$ – глибина канави

Насип 1: $V = 2 \times 150(0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}6) \times 0{,}6 = 270 \text{ м}^3$

Виїмка 1: $V = 75 \times (0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}8) \times 0{,}8 = 108 \text{ м}^3$

Виїмка 2: $V = 875 \times (0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}8) \times 0{,}8 = 1260 \text{ м}^3$

Насип 2: $V = 2 \times 825(0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}6) \times 0{,}6 = 1485 \text{ м}^3$

Виїмка 3: $V = 275 \times (0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}8) \times 0{,}8 = 396 \text{ м}^3$

Насип 3: $V = 2 \times 550(0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}6) \times 0{,}6 = 990 \text{ м}^3$

Таблиця 2.4 - Відомість визначення машин і термінів виконання підготовчих робіт

Найменування робіт	Характеристика робіт				Склад бригади					Змінність	кількість комплектів машин	термін виконання робіт
	межі дільниці	площа полоси відводу	одиниці вимірювання	обсяги робіт	Комплект машин		Склад ланки					
					марка машин та механізм	Виробнич комплект	Проф.	Роз	Кіл			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Зрізання рослинного шару	ПК – ПК15	50,521	тис $м^2$		Бульдозер на тракторі 80 квт	8 тис. $м^2$/см	маш	6	2	2	2	2
							роб.	4	2			
Улаштуван. нагірних водов. канав	ПК0-ПК 27+5		$м^3$	4509	Екскав-планувал. 0,4 $м^3$	150 $м^3$/см	маш	5	8	2	8	2
							водій	3 кл	16			

2.7.2 Обробно - планувальні та укріпні роботи

Обробно-планувальні роботи виконують після основних, незалежно від часу, яке залишилось до укладання колії. Земляне полотно повинно бути відсипане із запасом ґрунту на укосах 10 – 15 см, для того щоб виконати зрізку під час планувальних робіт. Роботи ведуться на захватках 300 м у виїмках та 500 м на насипах.

У складі обробно-планувальних робіт необхідно передбачити, для ділянок виїмок у послідовності:

- планування ухилів;
- нарізання зливної призми;
- улаштування кюветів;
- зміцнення ухилів гідропосівом трав;

Аналогічно для ділянок насипу:

- нарізання зливної призми;
- планування ухилів;
- зміцнення ухилів гідропосівом трави.

Планувальні роботи полягають у доведенні до проектного обрису усіх ґрунтових поверхонь: відкоси насипу та виїмок, зливна призма, кювети у виїмках, відкоси резервів та кавальєрів. Планування основної площадки виконується автогрейдером. Після цього нарізується зливна призма за попередньо виконаній розбивці. Ґрунт зрізується повздовжніми проходами автогрейдера в обох напрямках. Планування укосів виконується екскаватором-драглайн. Планування ухилів екскаватор виконує спочатку з верхньої стоянки, а потім, переміщуючись по бермі, планує на нижню частину ухилів, у виїмці навпаки. Зміцнення укосів виконується за рахунок гідропосіву трави.

Площа бокової поверхні ухилів насипу та виїмок визначається за формулою

$$F_{\text{від}} = 3{,}6 \times \text{Н}_{\text{сер}} \times L_{\text{діл}} \qquad (2.23)$$

де $\text{Н}_{\text{сер}}$ – середня робоча відмітка насипу чи виїмки на ділянці;

$L_{\text{діл}}$– довжина ділянки

Насип 1 $F_{\text{від}} = 3{,}6 \times 0{,}6 \times 150 = 324\ \text{м}^2$

Виїмка 1 $F_{\text{від}} = 3{,}6 \times 0{,}3 \times 75 = 81\ \text{м}^2$

Виімка2 $F_{\text{від}} = 3{,}6 \times 1{,}7 \times 875 = 5355\ \text{м}^2$

Насип 2 $F_{\text{від}} = 3{,}6 \times 2{,}1 \times 825 = 6237\ \text{м}^2$

Виїмка 3 $F_{\text{від}} = 3{,}6 \times 0{,}9 \times 275 = 891\ \text{м}^2$

Насип 3 $F_{\text{від}} = 3{,}6 \times 0{,}5 \times 800 = 1440\ \text{м}^2$

Обсяг робіт по нарізанню зливної призми вимірюється у м^2. Робота виконується автогрейдером за декілька проходів шляхом зрізання зайвого ґрунту, який залишився в якості недобору після виконання основних робіт.

$$\mathrm{F_ш} = \mathrm{b} \times \mathrm{L_{діл}} \qquad (2.24)$$

де b - ширина основи площадки

Обсяг робіт по нарізанню зливної призми вимірюється у м^2. Робота виконується автогрейдером за декілька проходів шляхом зрізання зайвого ґрунту

$$V_{\text{кюв}} = L_{\text{в}} \times \omega_{\text{кюв}} \cdot 2 \qquad (2.25)$$

де $\mathrm{L_в}$ – довжина виїмки;

$\omega_{\text{кюв}}$ – площа поперечного перетину кювету;

$$V_{\text{кюв}} = 1{,}56 \times L_{\text{в}} \qquad (2.26)$$

Виїмка 1 $V_{\text{кюв}} = 1{,}56 \times 950 = 1482\ \text{м}^3$

Виїмка 2 $V_{\text{кюв}} = 1{,}56 \times 275 = 429\ \text{м}^3$

В обсязі робіт по встановленню кюветів необхідно враховувати додатковий ґрунт від нарізання зливної призми та його недобір.

$$V_{\text{д}_1} = L_{\text{в}} \times \omega_{\text{д}_1} = L_{\text{в}} \times (0{,}125 \times b + 0{,}77) \qquad (2.27)$$

Виїмка 1 $V_{\text{д}_1} = 950 \times (0{,}125 \times 2{,}3 + 0{,}77) = 1004{,}6\ \text{м}^3$

Виїмка 2 $V_{\text{д}_1} = 275 \times (0{,}125 \times 2{,}3 + 0{,}77) = 290{,}8\ \text{м}^3$

Усі необхідні розрахунки зводимо у таблицю 2.5

Таблиця 2.5 - Відомість визначення кількості машин та термінів виконання обробно-планувальних та укріпних робіт

Наймен. робіт	Характерист. ділянки			Марка машин і механізмів	Витрати праці		Склад бригад		
	межі дільниць	одиниці вимірювання	обсяг робіт		ДБН	маш. см	професія	розряд	кількість
планування укосів	0-1+50	$м^2$	324	екскаватор драглайн 0,65 $м^3$	0,8	0,32	машиніст	6	3
	1+50-11		5436			5,3	пом. маш.	5	3
	11-19+25		6237			6,1			
	19+25-22		891			0,87			
	22-30		1440			1,41			
						14			
нарізання зливної призми	ПК О – ПК 30	$м^2$	6900	автогрейдер 99квт	0,23	0,19	машиніст	6	1
							робочий	3	2
							землекоп	3	3
улаштування кюветів	1+50-11	$м^3$	2486,6	екскаватор планувальник 0,4 $м^3$	4,6	13,95	машиніст	5	4
	19+25-22		719,8	самоскид		4,04	шофер	III кл.	8
						17,99			
укріплення укосів гідро посів трав	ПК 0 – ПК 30	$м^2$	14544	гідросіялка	0,33	5,85	шофер	III кл.	4
				самоскид			оператор	5	2
							робочий	3	4
							шофер	III кл.	2

2.8 Календарний графік виконання робіт

Виходячи з потреби у машинах, робочій силі та термінів виконання робіт складається календарний графік – графік виконання підготовчих, основних та обробних робіт. Графік викреслюється під кумулятивною кривою зі збереженням пікетних значень ділянок, тобто горизонтальний масштаб відповідає масштабу повздовжнього профілю. По вертикалі робочі дні відкладаються в умовному масштабі для усього терміну виконання робіт на ділянці, яка розглядається. На графіку показують роботи: підготовчі та обробні у вигляді ліній, основні – у вигляді прямокутників. Необхідні данні беруться із відповідних відомостей визначення термінів виконання різних робіт по ділянках. Над календарним графіком по ділянках основних робіт показують: № ділянки, обсяг ділянки, довжину возки, групу ґрунту. В прямокутнику основних робіт укладають ведучу машину комплекту.

Також на календарному графіку виконання робіт укладають роботи по:

- будівництву штучної споруди;
- укладанню колії;
- баластуванню колії.

Прохідні водоводи, закладаються у тіло насипу – водопропускні труби - відносяться до найбільш масових видів штучних споруд. В даному дипломному проекті труба складається із ланок круглого перетину довжиною 1 м та збірних оголовків, конструктивно оформляючи вхід та вихід труби. Фундамент під оголовками закладають на більшу глибину, ніж під ланками. У верхній ряд фундаменту укладають лекальні блоки. Загальний комплекс будівельно-монтажних робіт по будівництву труби включає підготовчі роботи, транспортування та складування збірних конструкцій, влаштування котловану та підготовка основи під фундамент труби, монтаж фундаменту, монтаж ланок та оголовків, гідроізоляцію, засипку труби ґрунтом, зміцнення ухилів. Будівництво ведеться паралельно із возведенням земляного полотна.

При цьому термін завершення робіт по будівництву труби повинен випереджати термін завершення робіт по возведенню земляного полотна, з тим щоб засипання труби виконували механічні колони у процесі виконання основних робіт по спорудженню земляного полотна. Так, на ПК 15 будуємо круглу залізобетонну трубу діаметром 1,25 м. Термін виконання робіт по встановленню труби складає 14 днів.

Обсяг робіт по укладанню колії включає до себе: укладання головної колії, укладання стрілочних переводів. Укладання колії починається через 5 днів після закінчення основних робіт. Доставка ланок колійної решітки та блоків стрілочних переводів виконується ланково-збірною базою, добова продуктивність якої залежить від темпу укладання колії та перевищує її на 10 – 15 %. Ланково-збірна база устаткована ланково-збірними стендами ЛЗ -400, продуктивністю 400 пог. м/зміну.

У комплексі робіт по улаштуванню верхньої будови колії при будуванні нової залізної дороги балластування представляє собою найбільш складний вид роботи.

До складу балансувальних робіт при звичайній технології входять:

- розробка та навантаження баласту;

- підготовка зливної призми земляного полотна та укладеної колійної решітки до балансування;

- доставка, вивантаження та дозування баласту в колію;

- пошарова підйомка колії на баласт з виправкою для забезпечення безпеки робочого руху;

- ущільнення баласту у призмі та обкатка забалластованої колії потягами;

- ремонт колії після опадів.

Балансувальні роботи виконуються після укладання колії та розривом від неї не більш ніж на 6 км. Головна колія та стрілочні переводи укладаються на двошаровому (пісок, щебінь) баласті.

Норми витрат баласту на 1 км колії:

- щебню, товщиною шару під шпалою 25 см – 1709 м^3

- піску, товщиною шару під шпалою 20 см – 1233 м^3

Також на календарному графіку показуємо графік руху робочої сили.

Кількість робочих, які заняті у підготовчий період укладання нової залізничної лінії, визначаємо за формулою:

$$n_{\text{пп}} = \frac{\text{Н}_{\text{пп}} \cdot L_{\text{гл}}}{\text{Т}_{\text{пп}}} \qquad (2.28)$$

де $n_{пп}$ – кількість робочих, які необхідні для виконання підготовчих робіт;

$Н_{пп}$ – трудомісткість робіт підготовчого періоду на 1 км колії

Кількість робочих, які заняті у заключному періоді приймаємо за 25 % від загальної кількості робочих, які зайняті в основний період.

Потреба у робочих, встановлена за вказаною методикою, враховує тільки персонал, який зайнятий під час виконання будівельно-монтажних робіт, включаючи робочих, службовців, молодший персонал (обслуговуючий) та робітників охорони.

В наслідок цього:

- зрізання рослинного шару – 4 чол.
- встановлення канав – 24 чол.
- скрепер самохідний – 4 чол.
- встановлення труби – 10 чол.
- бульдозер 1 чол.
- планування укосів – 6 чол.
- нарізання зливної призми – 6 чол.
- встановлення кюветів – 12 чол.
- зміцнення укосів – 12 чол.
- укладання колії – 15 чол.
- балансування колії – 15 чол.

Календарний графік виконання робіт показаний на листі 2 графічної частини роботи.

3. Розрахунок укладання скорочених рейок у кривій

Як відомо, на магістральних ділянках, в основному, укладається безстикова колія.

Ланковий шлях укладається:

- як інтервальний, перед укладкою рейкових плітей безстикового шляху;
- як постійний, при відсутності рейкових плітей чи неможливості їх укладання за технічними та кліматичними причинами.

Стики обох рейкових плітей повинні утримуватися за накутником. Для того, щоб виконати вимоги розташування стиків по накутнику в кривій на внутрішній пліті, необхідно укладати скорочені рейки, які чергуються з рейками нормальної довжини. При цьому допускаються деякі відхилення від установки стиків точно по накутнику – яке дорівнює половині довжини скорочення рейки.

Існує ряд аналітичних та графоаналітичних засобів розрахунку укладання скорочених рейок по внутрішній нитці кривій. Однак, методика розрахунку, яка існує, вимагає застосування складного математичного апарату, від чого не завжди можуть бути використані робітниками служб колії.

Новий графоаналітичний засіб розрахунку укладання скорочених рейок у кривій, який пропонується, наочний та легко доступний, як для лінійних робітників, так і для будівників нових залізничних колій.

Розрахунок, якій пропонується, оснований на порівнянні величин фактичних та розрахункових скорочень.

Залізнична крива, яка складається з кривої та двох перехідних кривих має повну довжину:

$$К_с = К + l_1 + l_2 \qquad (3.1)$$

де К – довжина колової кривої;

$l_1 l_2$– довжина перехідних кривих;

K_c – повна довжина кривої.

В межах перехідної кривої величина радіусу змінюється від безкінечності до радіусу кругової кривої.

Тому скорочення у кінці перехідної кривої можна визначити таким чином:

$$x_{\text{п}} = \frac{S \times l}{2 \times R} \tag{3.2}$$

де S - відстань між осями рейок, яка дорівнює 1600 мм

R - радіус в центрі перехідної кривої, який дорівнюється радіусу колової кривої, м;

Скорочення у кінці кругової кривої складає:

$$\text{x}_{\text{к}} = \frac{S \times K}{R} \tag{3.3}$$

Відкладаючи значення скорочень відповідних до прямокутній системі координат, отримуємо графік розрахункових скорочень.

Для наочності по осі ординат відкладають скорочення, приймаючи ціну поділки осі, яка прирівнюється стандартним скороченням (40, 80, 160 мм).

По осі абсцис відкладають відстань від початку перехідної кривої до точки, в якій розраховано скорочення. Ціна ділення осі прирівнюється довжині нормальної рейки, тобто 12,5 м.

На графік розрахункових скорочень внутрішній нитки кривої, які розраховані наростаючим підсумком від початку перехідної кривої, наносять лінію, яка відповідає фактично ланкам рейки, які укладаються у криву.

Порядок укладання рейки у внутрішній нитці визначається на основі фактичного та розрахункового скорочення в кінці кожної рельсової ланки.

У випадку, якщо величина забігу стиків, у кінці кожної чергової рейки нормальної довжини, перебільшує половину стандартного скорочення, то замість цієї рейки слід укладати скорочений.

Проводячи послідовне порівняння скорочень до кінця кривої, отримуємо графік залежності фактичних скорочень від довжини рейки, які укладаються.

Засіб який розглядається, дозволяє отримати наочну картину розкладки рейки у внутрішній нитці кривої також з обліком забігу стиків, які є, на прямій ділянці перед кривій. Розкладка рейок по внутрішній нитці кривої може бути отримана зсувами, відповідно, вгору чи вниз графіка розрахункових скорочень відповідно осі Х на величину фактичного забігу стиків у прямій.

Особливості графоаналітичного засобу розрахунків укладки скорочених рейок у кривій представлені на листі 6 графічної частини роботи.

4 Контроль якості робіт

Контроль та оцінка якості робіт здійснюється у відповідності з вимогами ДБН В.1.3-2:2010. Операційний контроль якості здійснюється майстром чи виконробом при виробництві основних робіт по зведенню насипу та виконується за схемою, яка приведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Схема операційного контролю.

Операція, яка підлягає контролю	Склад контролю (параметри які контролюються)	Спосіб та засоби контролю	Час контролю	Хто притягув. до контр.
1	2	3	4	5
Встановлення основи насипу	Правильність нарізки уступів, зняття росл. шару та дерну, відводу поверхневих вод та осуш. основи (підмурок)	Рулетка, метр, сталевий рівень	До початку обсипки насипі	
Обсипка ґрунту в насипі	Товщ. шару, правильність розміщ.різнорідн. ґрунтів у тілі насипу, рівном. обсипки по ширині насипу	Візуально,відбір проб	У процесі виконання робіт	Ґрунтова лабораторія

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
Ущільнення насипу	Фактична щільність ґрунту та її відповідність нормативній, товщина шару, який ущільнюється, кількість проходів машин, які ущільнюють	Теж саме	Теж саме	Теж саме
Планування укосів	Додержування проектних уклонів, рівності поверхні	Нівелір, рейка, рулетка	Після закінчення роботи	-
Нарізання зливної призми	Додержування поперечних розмірів зливної призми	Теж саме	Теж саме	-
Нарізання зливної призми	Додержування поперечних розмірів зливної призми	Теж саме	Теж саме	-
Підготовка основи	Правильність підготовки основи: - зняття рослинного шару; - правильність його укладання у відвали вали; - наявність уступів; - відвід поверхневих вод; - осушення основи	Рулетка, метр сталевий, рівень з рейкою	До початку робіт по зведенню земляного полотна	-
Прийомка виконаних робіт	Відповідність відміток та розмірів земляного полотна проекту. стійкість ґрунту, який уклали, в тілі насипу та на укосах, щільність ґрунту, оформлення акту прийомки.	Теодоліт, нівелір, рейка, стрічка вимірювальна, контрольний шаблон	Після закінчення робіт	Геодезична служба, ґрунтова лабораторія, представник заказника
Операційний контроль	Правильність виконання робіт, проектна щільність ґрунту, товщина шарів, які обсипаються, кількість проходок машин, які ущільнюють, додержування вимог робочого проекту	Теж саме	Періодично	-
Оформлення поточної документації	Правильність ведення журналу обліку, оформлення актів	Візуально	Теж саме	Виробничо-технічний відділ

5. Геодезичне забезпечення робіт

5.1.Перенесення проектної траси на місцевість

Прив’язка траси до геодезичних мереж та пунктів (тріангуляції, полігонометрії, реперам нівелювання) є обов’язковою, як що вони розташовані від траси на відстані до 10 км чи через 15 – 20 км.

Існують різні методи прив’язки, обов’язковим вимогам яких є контроль та уточнення геодезичних робіт. В результаті прив’язання точність передачі координат та висот пунктів у 3 – 4 рази вище, ніж точність положення геодезичних ходів на трасі.

Як, правило прив’язку виконують у вигляді прямого примикання з використанням світлодалекоміру, положенням теодолітних ходів прямої та зворотної, кутовими зарубками, тріангуляційними побудовами (ланцюгів трикутників, геодезичних чотирикутників) та ін. Прив’язку траси залізничних колій бажано зробити к точкам трас та магістральних ходів

Для магістрального ходу, ходу прив’язки до ОГС і до траси виміру кутів виконується з точністю $30\sqrt{n}$, висотні виміри з точністю $\pm 50\sqrt{L}$;
де n – число стоянок інструменту
L – довжина ходу у км.

При переносі проектної траси на місцевість здійснюються наступні роботи:

- зміцнення вершин кутів повороту та створних точок на довгих прямих;

- розбивку колових та перехідних кривих із закріпленням їх початку, кінця та проміжних точок;

- закріплення пікетів та плюсових точок;

- перевірка відміток реперів, які існують, в необхідній кількості з обліком максимального використання постійних споруд та земле-улаштувальних знаків;

- повздовжнє нівелювання усіх точок лінії, при необхідності зйомка поперечних профілів;

- закріплення розташування осей штучних споруд;

- розбивка та закріплення базисів в місцях розташування ділянкових станцій.

Одночасно із розмічуванням та закріпленням траси розбивають та закріплюють водовідвідні та регулюючі споруди, ось притрасової автомобільної дороги, площини кар'єрів та полоси відводу.

Ось траси закріплюють точками зі сторожками, осьовими та кутовими стовпами, крім того, виносними кілочками та стовбцями, які встановлюються поза зоною розташування насипів, виїмок, а також інших місць виконання робіт та елементів земляного полотна. Точки зі сторожками встановлюються на кожному пікеті та плюсових точках початку перехідної кривої (ППК), кінця перехідної кривої (КПК) та середини кругової кривої (СКК), а також при розбивці кривої (у проміжних точках), при детальній розбивці. Виносними стовбцями закріплюють місця стоянки інструментів, а також величин кутів (ВК) та точки початку перехідних кривих. Виносними кільцями закріплюють усі чотири пікети, точки КПК та місця розташування труб.

На прямих ділянках створи для випасок розбивають теодолітом перпендикулярно до траси, а на кривих – перпендикулярно до лінії тангенсів. Винос точок, які закріплюють трасу чи осі споруд, виконують строго за створом на будь-яку зручну сторону від траси, а на косогорах – переважно на нагорну сторону.

Перехідну та кругову криві детально розбивають через 20 м при радіусах більш 500 м та через 10 м при радіусах менш 10 м.

Осі малих штучних споруд закріплюють тільки при наявності робочого проекту. При його відсутності, якщо у межах 100 -150 м від споруди траса не закріплена, закріплюють виносними кільцями найближчий до споруд пікет.

Уздовж траси, не рідше ніж через 2 км, встановлюються постійні чи тимчасові висотні репери, які, як правило повинні сполучатись з вершинами кутів повороту магістрального ходу, але можуть встановлюватись як окремі знаки.

При розмічуванні та закріпленні траси ведуть журнал. До якого заносять схеми розташування встановлених знаків, відстань до них по осі, а також напрямок випасок та відстань до знаків від осі. Дані про репери відмітки, відстань від осі колії, опис виду реперу та місцезнаходження – заносять у відомість.

Перед початком будівництва виконують перевірку та встановлюють усі планові та висотні точки на місцевості.

Згідно з ДБН В.1.3-2:2010 розбивка та закріплення траси виконуються силами та засобами заказника та передається не менш ніж за 10 днів до початку за актом.

5.2 Розмічування залізничної кривої

При вишукуваннях трас лінійних споруд виконують розмічування головних точок кривих: початок кривої ПК, середина кривої СК, кінець кривої КК. Але для побудови кривої необхідно додатково знайти положення на місцевості ряду точок, які належать до цієї кривої, тобто виконати детальне розмічування кривої. При детальному розмічуванні застосовують способи прямокутних координат, подовжених хорд, кутів і інші.

З усіх існуючих способів детального розмічування, що розрізняються між собою по виду вимірювань та умов використання, розглянемо такі способи :

Спосіб прямокутних координат. Обчислення розмічування виконується від початку кривої до середини і від кінця кривої до середини.

Відстань між сусідніми точками на кривій К при розмічуванні залежить від її радіуса R і характеру споруди , однак чим менше R кривої, тим менше

значення К. При R> 500 м розбивку роблять через проміжки К = 20 м, при 500 >R> 100 м, К = 10 м , при R< 100 м К = 5 м.

З усіх існуючих способів, що розрізняються між собою по виду вимірювань та умов використання, розглянемо такі:

Спосіб прямокутних координат. Обчислення розмічування виконується від початку кривої до середини і від кінця кривої до середини.

Величини К-Х і Увизначаємо за формулами:

$$\varphi = \frac{180^{\circ} \times K}{\pi \times R} \tag{5.1}$$

$$X = R \times \cos\varphi \tag{5.2}$$

$$Y = R \times (1 - \cos\varphi) \tag{5.3}$$

де К – інтервал розбиття (20,40,60…м);

R – радіус кривої, м;

φ – кут дуги інтервалу розмічування, градуси.

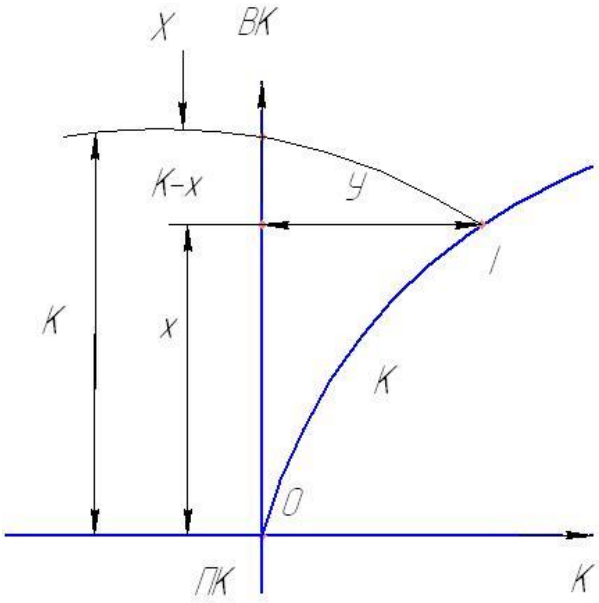


Рис. 5.1- Розрахункова схема розмічування кривої способом прямокутних координат

Інтервал детального розмічування кривої беруть 20 м або 10 м, у залежності від радіуса кривої. Під час розбиття кривої за напрямком тангенса відкладають відрізки, дорівнюють інтервалу розмічування. Відрізки зменшують на К-Х і відкладають під прямим кутом Y. Результати обчислень наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 5.1- Детальне розмічування кривої способом прямокутних координат

№ точок	Крива у пікетажних значеннях	Крива у відрізках К	К-Х	Ордината У	Абциса Х у пікетажних значеннях	φ	Х	$\cos\varphi$
0	НК ПК 3+50	0	0	0	НК ПК	0	0	
1	ПК 3+70	20	0	0,07	ПК 3+70	3,29	20	0,998
2	ПК 3+90	40	0,05	2,45	ПК 3+89,95	6,55	39	0,993
3	ПК4+00	50	0,14	3,57	ПК 3+99,86	8,19	49,86	0,9898
4	ПК4+10	60	0,25	5,25	ПК 4+9,75	9,83	59,75	0,985
5	ПК4+30	80	0,67	9,1	ПК 4+29,33	13,1	79,33	0,974
6	ПК4+50	100	1,53	14,14	ПК 4+48,47	16,34	96,47	0,9596
7	ПК4+70	120	2,3	20,3	ПК 4+67,70	19,65	117,7	0,942
8	ПК4+90	140	3,69	27,65	ПК 4+86,31	22,93	136,36	0,921
9	ПК5+00	160	5,42	36,05	ПК 4+94,58	26,21	154,58	0,897
10	ПК5+20	180	7,76	45,15	ПК 5+12,24	29,48	172,24	0,871
	ПК5+ 32,50	182,5	8,08	46,55	ПК 5+32,50	28,89	174,42	0,867
	ПК5+32,50	182,5	8,08	46,55	ПК 5+32,50	28,89	174,42	0,867
11	ПК5+35	180	7,76	45,15	ПК 5+42,76	29,48	172,24	0,871
10	ПК5+55	160	5,69	36,05	ПК 5+60,69	26,21	154,58	0,897
9	ПК5+75	140	3,59	27,65	ПК 5+78,69	22,93	136,36	0,921
8	ПК6+95	120	2,3	20,3	ПК 5+97,30	19,65	117,7	0,942
7	ПК6+00	115	2,07	17,22	ПК 6+2,17	16,34	98,47	0,959
6	ПК6+15	100	1,53	14,14	ПК 6+16,53	13,1	79,33	0,974
5	ПК6+35	80	0,67	9,1	ПК 6+35,67	9,83	59,75	0,985

Продовження таблиці 5.1

4	ПК6+55	60	0,25	5,25	ПК 6+55,25	8,19	49,9	0,9898
3	ПК6+75	40	0,05	4,52	ПК 6+75,05	6,55	39	0,993
2	ПК6+95	20	0	0,07	ПК 6+95	3,29	20	0,998
1	ПК 7+00	15	0	0,01	ПК 7+00	0	0	0
0	КК ПК7+15	0	0	0	КК ПК 7+15	0	0	0

Спосіб кутів. Розрахункова схема способу кутів виглядає наступним чином:

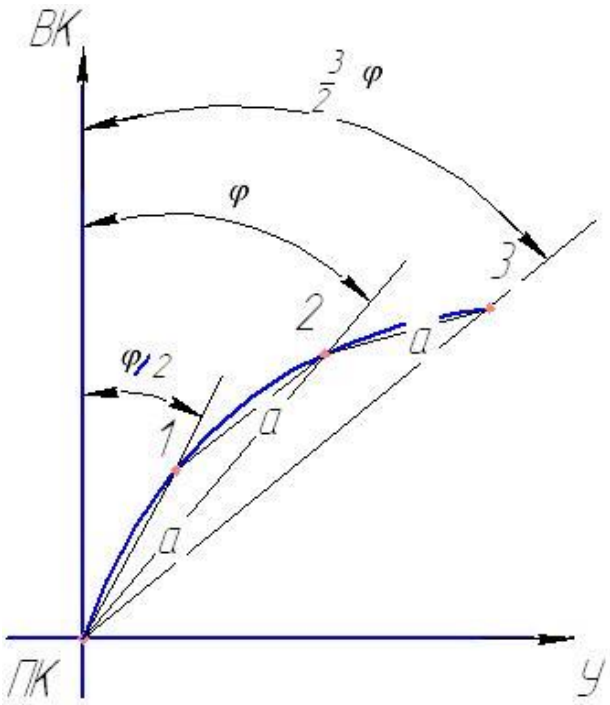


Рис. 5.2 – Розрахункова схема розмічування кривої способом кутів

Значення кутів φ до розбиття обчислюють за формулами:

$$\sin\varphi = \frac{a}{2 \times R} \tag{5.4}$$

$$\varphi = arc\sin\frac{a}{2 \times R} \tag{5.5}$$

$$\frac{\varphi}{2} = arc\sin\frac{a}{4 \times R} \tag{5.6}$$

де a – довжина хорди по інтервалу розмічування, м;

R – радіус кривої, м.

Значення обчислюють від початку кривої НК до середини кривої СК і від кінця кривої КК до середини кривої СК.

Обчислення приводяться в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2- Детальне розмічування кривої способом кутів

№ точок	Відстані від НК до точок (М)	Значення кута φ_y (0,1,11)	Значення кута φ_y (0,1,11)	Радіус кривої	Примітка
1	2	3	4	5	6
0	0	0	0́	R=350	ПК 3+50
1	20	0,8185	$0^{\circ}49'07''$		$\varphi/_2$
2	40	3,2758	$3^{\circ}16'33''$		φ
3	60	4,9137	$4^{\circ}54'49''$		$3/_{2\varphi}$
4	80	6,5516	$6^{\circ}33'06''$		2φ
5	100	8,1895	$8^{\circ}11'22''$		$5/_{2\varphi}$
6	120	9,8247	$9^{\circ}49'39''$		3φ
7	140	11,4653	$11^{\circ}27'55''$		$7/_{2\varphi}$
8	160	13,1032	$13^{\circ}06'12''$		4φ
9	180	14,741	$14^{\circ}44'28''$		$9/_{2\varphi}$

Спосіб подовжених хорд. Величина зміщення подовжених хорд обчислюється за формулою:

$$P = \frac{a^2}{R} \tag{5.7}$$

де а – довжина хорди (10 м або 20 м);

R – радіус кривої, м.

Перше зміщення від ПК дорівнює половині зміщень:

$$\frac{p}{2} = \frac{a^2}{2 \times R} \qquad (5.8)$$

Результати обчислень приведені в таблиці 6.3

Таблиця 6.3- Детальне розмічування кривої способом продовжених хорд

№ точок	Величина зміщень М	Довжина хорди $a = 10$ м	Радіус кривої R, (м)	Головні точки кривої
0	0	$a = 0$	$R = 800$	НК
1	$P/_2 = 0{,}14$	$a = 10$	$R = 800$	
2	$P = 0{,}28$	$a = 10$	$R = 800$	
3	$P = 0{,}28$	$a = 10$	$R = 800$	до СК

Розрахункова схема способу подовжених хорд має вид:

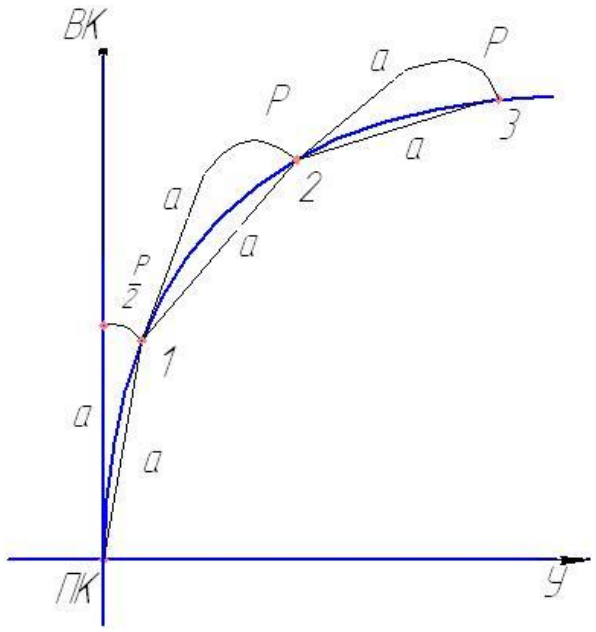


Рис.5.3 – Розрахункова схема розмічування кривої способом подовжених хорд

Способи подовжених хорд і кутів використовують для детального розмічування тільки кругових кривих. Перехідні криві розмічуються тільки способом прямокутних координат.

5.3 Розмічування земляного полотна

Здійснивши відновлення траси залізниці виконують розмічування поперечного профілю земляного полотна через 50 м на прямих ділянках і через 10 м чи 20 м, в залежності від радіуса – на кривих. При цьому, використовуючи поздовжній профіль, де вказані проектні та робочі позначки, складають так званий “писаний профіль”, тобто відомість, де для кожного поперечного профілю виписані горизонтальні відстані, проектні та робочі позначки земляного полотна.

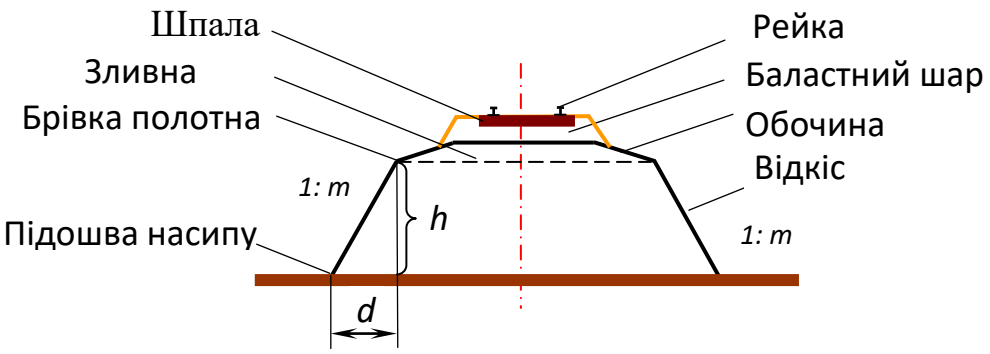


Рис.5.4 – Будова земляного полотна

Основною частиною земляного полотна є верхня будова, яка складається із рейок, шпал та баластного шару.

Для кращого стікання води земляна основа під баластом облаштовується у вигляді так званої зливної призми. Вподовж дорожнього полотна облаштовують бокові водовідвідні канави – кювети. Середня глибина кювета 0,6 м, поздовжній нахил повинен бути не менше 2 – 3 ‰.

Для виконання земляних робіт необхідно вказати і закріпити висоту насипу земляного полотна по осі дороги, висоти брівок земляного полотна основу підошви насипу, канав для відведення води. За цими даними на поперечних профілях розраховуються закладення відкосів, межі насипів, виїмок, після чого контури земляного полотна повинні бути винесені і закріплені на місцевості.

На заокругленнях траси поперечники (рис. 5.5) повинні розташовуватись за напрямком до центру кривої, тобто перпендикулярно до дотичної у точці розмічування поперечника. Зважаючи на те, що при розмічуванні кривої місцезнаходження її центра на місцевості не відоме, то для розмічування поперечника у точці його перетину з віссю кривої вимірюють кут між хордами, які з'єднують цю точку з точками перетину осі з двома сусідніми поперечниками. Потім розділивши кут пополам, будують на місцевості його бісектрису. Очевидно, що напрямок бісектриси буде співпадати з напрямком радіуса кривої, вподовж якої від осьової точки і розмічають поперечник.

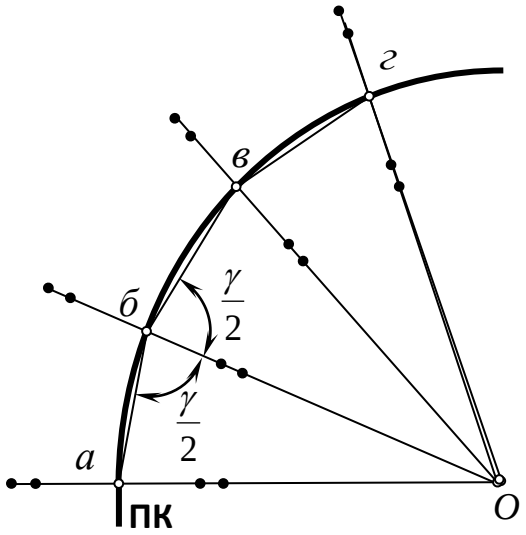


Рис.5.5 – Розмічування поперечників на кривій

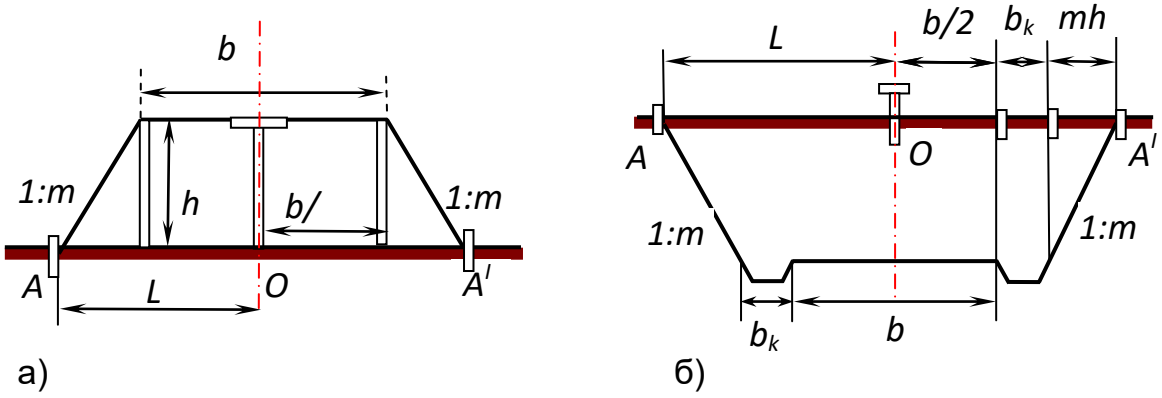
Одночасно з розмічуванням поперечника розмічають також проектні позначки, які відповідають позначкам брівки дорожнього полотна у завершеному вигляді. Робочі позначки, тобто висоти насипів чи глибини виїмок, дорівнюють різниці проектних позначок по брівці і позначок по осі. При цьому, якщо проектна позначка більша позначки місцевості, то дорога проходить по насипу, а якщо менша – то по виїмці.

Розмічування земляного полотна можна здійснювати використовуючи тахеометр теодоліт, нівелір, лекала, нівелірну рейку, рівні, віхи.

Відкоси земляного полотна проектуються в залежності від властивостей ґрунту. Вони бувають: одинарними, коли $\frac{h}{d}=\frac{1}{1}$; полуторними, коли $\frac{h}{d}=\frac{1}{1.5}$; подвійними, коли $\frac{h}{d}=\frac{1}{2}$, де h – висота відкосу; d – ширина (закладення) відкосу.

При розмічуванні насипу (рис. 5.6 а), якщо місцевість горизонтальна, встановлюють осьовий кілок так, щоб верх планки знаходився на проектній висоті.

Праворуч і ліворуч, перпендикулярно до осі траси на відстані, рівній половині ширини земляного полотна, по горі встановлюють кілки, які позначають брівку земляного полотна. Після цього відкладають закладення відкосів насипу і забивають кілки, які відмічають підошву насипу. Після цього за проектними даними намічають положення канав для відведення води.



а) б)

Рис.5.6 – Схема розмічування земляного полотна

Підошву закріплюють, встановлюючи відкісний трикутник або забивши у землю кілок. Висоту насипу h_1 визначають за формулою:

$$h_1 = h + \frac{ph}{100}, \tag{5.9}$$

де h - проектна висота;

p - процент на просідання.

При розмічуванні виїмки на горизонтальній місцевості (рис. 5.6 б), від осьової точки відкладають половину ширини земляного полотна і закріплюють кілками. Від них відкладають ширину кювета погорі та закладення зовнішніх відкосів виїмки.

Відстань від осі траси до брівки визначають за формулами при відсутності нахилу:

для насипу :

$$L = \frac{b}{2} + mh; \tag{5.10}$$

для виїмки:

$$L = \frac{b}{2} + b_k + mh, \tag{5.11}$$

де L – половина ширини підошви насипу (відстань від брівки виїмки до осі траси);

b – ширина основного майданчика полотна;

h – висота насипу (виїмки);

m – знаменник крутизни відкосу

Якщо місцевість має чітко виражений однорідний нахил i

$$i = \frac{1}{n}, \tag{5.12}$$

де n – знаменник нахилу місцевості, горизонтальні відстані від осі траси до підошви насипу підраховують за формулами:

для нагірної відстані насипу l_1 (рис. 5.7 а) і підгірної відстані виїмки l_1 (рис. 5.7 б):

$$l_1 = \frac{L}{1+mi} = L\frac{n}{n+m}; \qquad (5.13)$$

де L обчислюється за формулами (5.10 і 5.11);

для підгірної відстані насипу l_2 (рис. 5.7 а) і нагірної відстані виїмки l_2 (рис.5.7 б):

$$l_2 = \frac{L}{1-mi} = L\frac{n}{n-m}. \qquad (5.14)$$

Замість горизонтальних відстаней в указаних умовах можна відраховувати і відкладати нахилені відстані, обчислені за формулами:

для нагірної відстані насипу l_1 (рис. 5.7 а) і підгірної відстані виїмки l_1 (рис. 5.7 б):

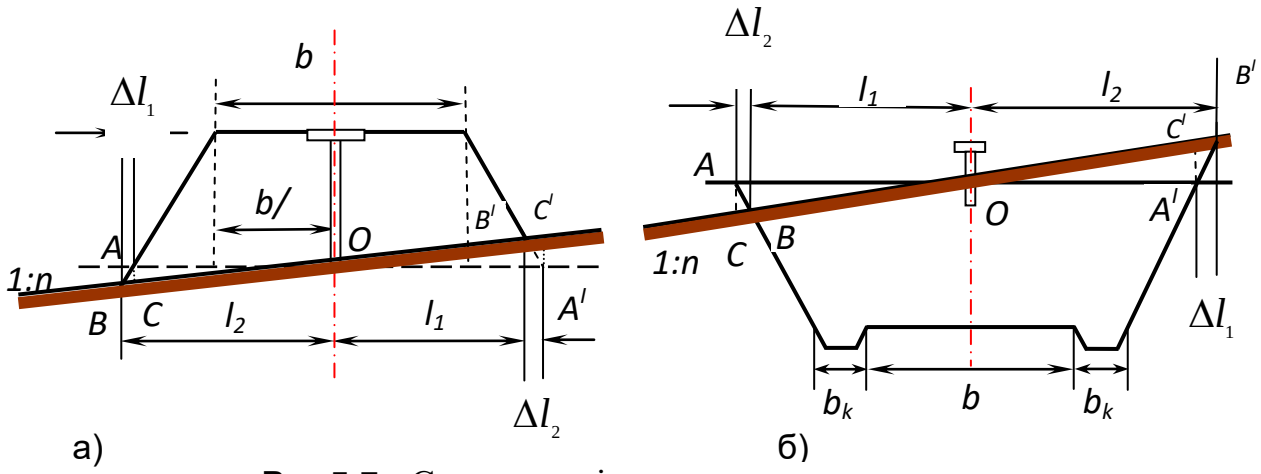


Рис.5.7 - Схема розмічування земляного полотна

$$OB' = OB = L\frac{\sqrt{n^2+1}}{n+m}; \qquad (5.15)$$

для підгірної відстані насипу l_2 (рис. 5.7 а) і нагірної відстані виїмки l_2 (рис. 5.7 б):

$$OB = OB' = L\frac{\sqrt{n^2+1}}{n-m}.$$

Якщо поперечний нахил місцевості неоднорідний, то від осі відкладають горизонтальні відстані OA та OA' нормального профілю і від отриманих точок C і C' відкладають доміри:

$$\Delta l_1 = \frac{\Delta h \cdot m}{1+i\cdot m}, \qquad \Delta l_2 = \frac{\Delta h \cdot m}{1-i\cdot m}, \qquad (5.16)$$

де Δh – абсолютне перевищення точки C (C') відносно точки O;

i – нахил місцевості на ділянці доміру.

Залізничне полотно на кривих ділянках має розширення. Величина цього розширення дорівнює 0,2 м (для R від 2000 до 1000 м) і 0,3 м (для $R \prec 1000$ м). Двоколійне полотно повинне мати розширення у межах кривої у відповідності зі збільшенням на цій ділянці габаритної відстані між осями колій.

Дані для розмічування поперечників земляного полотна під'їзної колії ТОВ "Зернова індустрія" наведені у графічній частині.

5.4 Розмічування звичайного стрілочного переводу

Будь яке з'єднання колій здійснюють з допомогою стрілочного переводу, який стараються розташовувати на прямих ділянках колії. Стрілочні переводи розподіляють на звичайні, різносторонні симетричні,

різносторонні несиметричні, односторонні різної кривизни. Найбільш розповсюджені – звичайні стрілочні переводи (рис. 5.8), яких знаходиться 98 % від усієї кількості переводів.

Основними частинами стрілочного переводу (рис. 5.8) є рамні рейки 1, гостряки 2 з перевідним механізмом 3, перевідна крива 4, хрестовина 5 з двома контррейками. Кут між робочими гранями хрестовини називають кутом хрестовини. Вираз $2tg\frac{\alpha}{2}$ називають маркою хрестовини і позначають $\frac{1}{N}$. Точку перетину граней хрестовини 6 називають математичним центром хрестовини (МЦХ). Кут хрестовини α зв'язаний з маркою хрестовини співвідношенням:

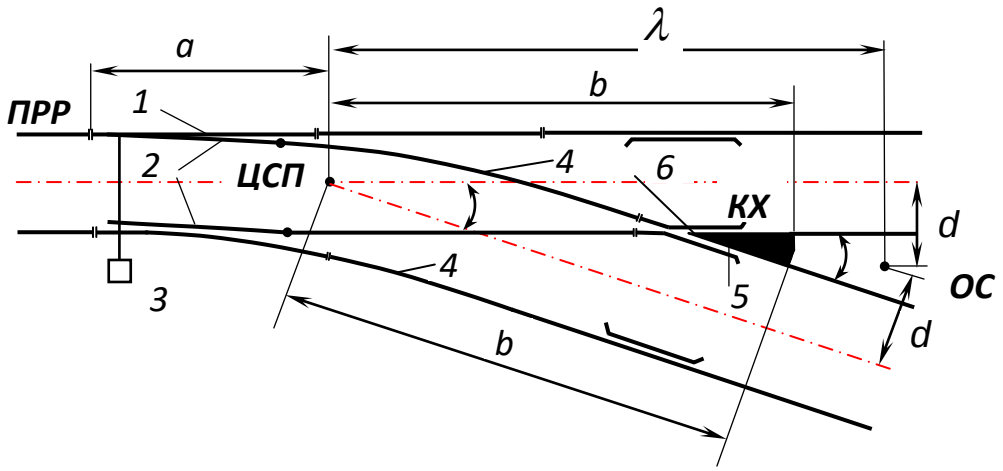


Рис. 5.8 – Схема розмічування стрілочного переводу

$$\frac{1}{N} = 2tg\frac{\alpha}{2} \approx tg\alpha \qquad (5.17)$$

У звичайних стрілочних переводах найчастіше застосовують наступні марки хрестовин: для вантажних перевезень 1/9, ($\alpha = 6^o\ 20'\ 25''$); для пасажирських перевезень 1/11 ($\alpha = 5^o 11'40''$), 1/18 ($\alpha = 3^o 10'12''$), 1/22 ($\alpha = 2^o\ 35'50''$).

Точку перетину осей двох колій називають центром стрілочного переводу (ЦСП). Відстані a від центру стрілочного переводу до стиків рамних рейок і b до кінця хрестовини, а також інших частин стандартні для

стрілочного переводу кожного виду. Тому, знаючи положення центру стрілочного переводу на осі колії, відносно нього легко розмістити всі частини переводу.

Розмічування починають з винесення на місцевість за пікетажним положенням центру стрілочного переводу $ЦСП$. Від точки $ЦСП$ відкладають a – відстань до початку рамної рейки; b – відстань до кореня хрестовини КХ. Потім розмічають початок гостряка і математичний центр хрестовини. У точку $ЦСП$ ставлять теодоліт і від осі основної колії відкладають кут хрестовини α. Для встановлення обмежувального стовпа OC, за напрямками осей колій, від точки $Ц$ відкладають відрізок:

$$\lambda = d \cdot ctg\frac{\alpha}{2} \approx 2dN \tag{5.18}$$

і перпендикуляр d, рівний половині безпечної відстані між осями ($d = 2.05$ м).

5.5 Розмічування примикання колій

Якщо до основної колії, під кутом β підходить інша, і цей кут відрізняється від кута хрестовини α, доводиться застосовувати криву CD (рис. 6.9) для зміни напрямку колії на кут ($\beta - \alpha$). Зважаючи на те, що стрілочний перевід відхиляє колію на постійний кут α, то, щоб з'єднати дві колії, необхідно центр стрілочного переводу із точки A перемістити в точку $Ц$ на відстань x. Задаючись радіусом кривої $CD = R$ та кутом повороту ($\beta - \alpha$), знаходять тангенс T:

$$T = R \cdot tg\frac{\beta - \alpha}{2} \tag{5.19}$$

Підраховують відстань зміщення центру стрілочного переходу x:

$$x = \frac{b + q + T}{\sin \beta} \sin(\beta - \alpha) \tag{5.20}$$

де b – відстань до кореня хрестовини;

q – довжина прямої вставки.

Вершину B знаходять, відклавши від точки A відстань l:

$$l = \frac{b + q + T}{\sin \beta} \sin \alpha \tag{5.21 }$$

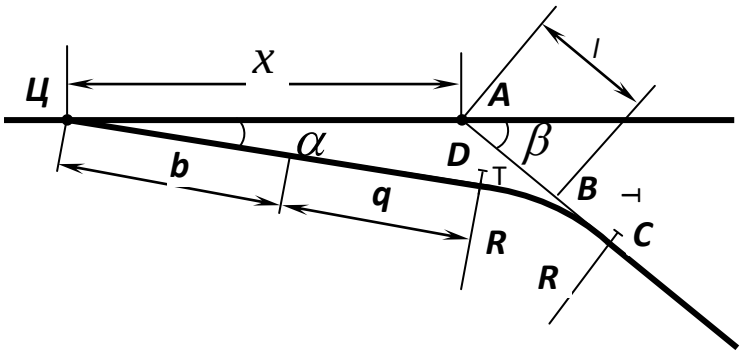


Рис. 6.9 – Розмічування примикання

Цю ж вершину В можна отримати, якщо у центрі стрілочного переводу Ц побудувати кут α, і вподовж сторони ЦВ відкласти відстань $в + q + T$.

Якщо місце встановлення стрілочного переводу задане службою руху МЗТ, то в цьому випадку розмічування примикання здійснюється у оберненому напрямку. Спочатку у заданому центрі стрілочного переводу Ц відкладають кут α згідно марки прийнятої стрілки, потім знаходять точку В перетину знайденого напрямку з розміченою трасою і вимірюють кут повороту.

5.6 Розмічування з’їзду

Під з’їздом розуміють з’єднання двох паралельних залізничних колій з допомогою стрілочних переводів (рис. 5.10).

При цьому, спочатку, за пікетажними значеннями знаходять $Ц_1$

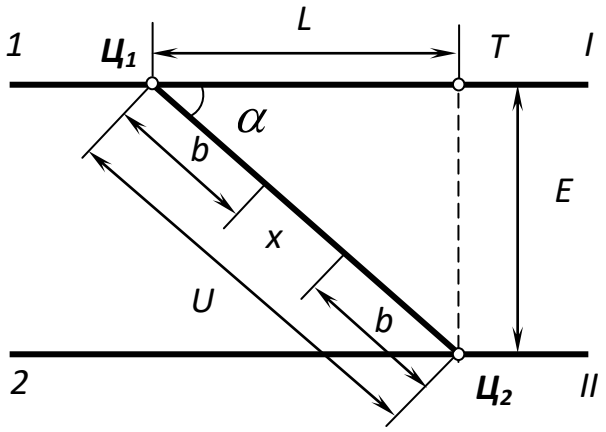


Рис. 5.10 - Розмічування з’їзду

Положення центра $Ц_2$ знаходять відклавши по колії 1 відрізок L:

$$L = E \cdot ctg\alpha \approx EN \tag{5.22}$$

і побудувавши теодолітом перпендикуляр E рівний заданій відстані між коліями. Для контролю визначають відстань U між центрами стрілочних переводів

$$U = \sqrt{L^2 + E^2}.$$

Необхідно, щоб дотримувалися співвідношення:

$$U \geq 2b;\ x = U - 2b. \tag{5.23}$$

5.7 Розмічування стрілочної вулиці

Під стрілочною вулицею (рис. 5.11) розуміють колію, на якій розташований ряд стрілочних переводів, що служать з'єднанню з іншими паралельними коліями, які створюють парк. Стрілочна вулиця може бути розташована під різними кутами до головного кута. При невеликій кількості розгалужень колій та значній довжині парку, стрілочній вулиці задають кут відхилення, який дорівнює куту хрестовини α.

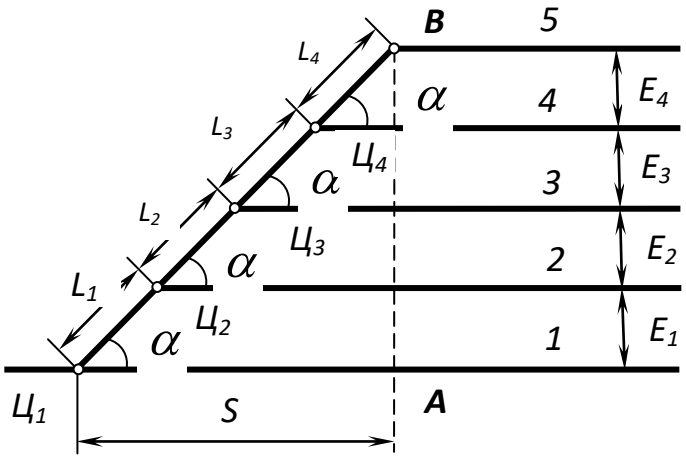


Рис.5.11– Розмічування стрілочної вулиці

Розмічування починають із стрілочного переводу $Ц_1$, який знаходиться на головній колії. Теодолітом із центру колії $Ц_1$ відкладають кут α. На напрямку $Ц_1B$ відкладають відстань між центрами стрілочних переводів:

$$L_i = \frac{E_i}{\sin\alpha} \tag{5.24}$$

де E_i – проектна відстань між осями колій.

В отриманих точках закріплюють центри переводів і, відклавши від напрямку $Ц_1B$ кут α, розмічають осі паркових колій 1, 2, ... , n. У точці B розмічають криву, яку розраховують за заданим радіусом R та кутом α.

Для контролю по основній колії 1, від центра $Ц_1$ відкладають відрізок $ЦА$, який визначається за формулою:

$$S = N(E_1 + E_2 + ... + E_n), \tag{5.25}$$

і, поставивши в точці A перпендикуляр, отримують точку B. Правильність розташування осей колій перевіряють вимірявши відстані між ними, які повинні дорівнювати E_1, E_2, ..., E_n.

Для зменшення довжини стрілочної вулиці, її часто проектують під кутом β до головної колії, який перевищує кут хрестовини α. У такому випадку стрілочна вулиця з'єднується з головною колією при допомозі стрілочного переводу і круговою кривою, яка дає можливість повернути вісь вулиці додатково на кут $\beta - \alpha$.

Для розмічування стрілочної вулиці спочатку під кутом хрестовини α до головної колії від початкового стрілочного переводу відкладають величину b, пряму вставку q, і довжину тангенса T. У знайденій вершині повороту будують кут ходу 180º - ($\beta - \alpha$) і отримують напрямок стрілочної вулиці, вподовж якої, згідно проекту, розмічають стрілочні переводи.

При розмічуванні примикань колій та стрілочних вулиць особливу увагу звертають на те, щоб центри переводів розташовувались строго на осях колій чи стрілочних вулиць. Максимальне відхилення центра стрілочного переводу від осі не повинне перевищувати 1 см.

6. Охорона праці

6.1 Коротка характеристика об’єкту

У дипломному проекті розглядаються питання організації спорудження та геодезичні роботи під’їзної колії в ТОВ “Зернова індустрія”. Розроблений проект організації робіт зі спорудження земляного полотна, верхньої будови колії, штучної споруди. Роботи проводяться в 8 годинний робочий день, згідно календарного графіку на даний об’єкт. При будівництві нової лінії застосовуються машини і механізми різних типів, у залежності від типу робіт, що виконуються, а саме: для насипу щебневого баласту хопер-дозатор;для укладання рейко-шпальної решітки УК 25; для укріплення земляного полотна використовується агрегат гідропосівний на автоходу;для ущільнення грунту катки самохідні;для обробки земляного полотна, бульдозери та автогрейдери; для розробки грунту використовуються екскаватори та скрепери самохідні. Для зручності та швидкого будівництва нової під’їздної колії роботи проводяться на ділянці з трансформаторами перемінного струму – 50 Гц, з напругою близько 25 кВ. За час виконання підготовчих, основних та заключних робіт на ділянці будівництва працювали шофери машинних механізмів, проектувальники, геодезисти, різноробочі, монтери колії та ін.

На ділянці будівництва для зручності ведеться будівництво тимчасових доріг. Для будівництва тимчасових доріг та власне під’їздної колії використовувалися такі будівельні матеріали як: пісок, щебінь – для баласту РШР та тимчасових доріг, для укладання РШР використовувались рейки типу Р50, шпали – залізобетонні, для головних колій використовувалися стрілочні переводи типу 1/11, та 1/9 – для під’їздних.

6.2 Охорона праці при виконанні геодезичних робіт

Охорона праці при виконанні геодезичних робіт є невід'ємною частиною загальної системи безпеки на виробництві, будівництві та під час інженерно-геологічних вишукувань. Усі геодезичні процеси здійснюються в суворій відповідності до Закону України «Про охорону праці», Типового положення про навчання з питань охорони праці, а також профільних галузевих нормативних актів. До самостійного виконання польових та камеральних геодезичних робіт допускаються особи, які досягли вісімнадцятирічного віку, пройшли обов'язковий медичний огляд для підтвердження придатності за станом здоров'я, мають відповідну професійну кваліфікацію та успішно склали іспити після проходження вступного, первинного, повторного або цільового інструктажів. Специфіка геодезичної діяльності пов'язана з постійною зміною робочих локацій, що піддає персонал впливу комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До фізичних факторів належать рухомі будівельні машини та автомобілі, ризик падіння предметів чи конструкцій з висоти, гострі гілки дерев та чагарників, складні елементи природного рельєфу у вигляді крутих схилів, ярів і скель, а також несприятливі метеорологічні умови, включаючи екстремальні температури повітря, сильний вітер, зливи або густий туман. Хімічні фактори ризику виникають під час проведення зйомки на територіях діючих промислових підприємств, хімічних комбінатів або зон утилізації відходів, де можливе виділення токсичних газів або пилу. Біологічна небезпека включає загрозу укусів отруйних змій, диких тварин, а також комах, зокрема кліщів, які є переносниками небезпечних інфекційних захворювань. Керівництво геодезичної організації зобов'язане забезпечити кожного працівника сертифікованими засобами індивідуального захисту, спеціальним одягом та взуттям відповідно до сезону та умов праці, а також постійно контролювати дотримання трудової дисципліни.

Перед початком будь-яких польових вишукувань геодезична бригада зобов'язана провести ретельну підготовку та перевірку обладнання. Кожен виконавець отримує та особисто перевіряє справність засобів індивідуального захисту, до яких обов'язково належать захисна каска з підборідним ременем, сигнальний жилет яскравого помаранчевого або жовтого кольору зі світловідбиваючими елементами, міцне взуття на нековзній підошві та захисні рукавиці. Геодезичні прилади, такі як електронні тахеометри, супутникові GNSS-приймачі, цифрові чи оптичні нівеліри, штативи, віхи та відбивачі, підлягають детальному технічному огляду на предмет виявлення механічних пошкоджень, надійності фіксації затискних гвинтів та стійкості розсувних ніжок штативів. Обов'язковою умовою є комплектація польової аптечки першої медичної допомоги свіжими перев'язувальними матеріалами, антисептиками та протиалергічними препаратами. Керівник робіт перед виїздом на об'єкт здійснює рекогносцирування місцевості, вивчає наявні картографічні матеріали, плани підземних та наземних інженерних комунікацій. При виявленні потенційно небезпечних ділянок, таких як відкриті колодязі, зони зсувів ґрунту, лінії електропередач або місця інтенсивного руху транспорту, розробляються безпечні маршрути пересування бригади та визначаються місця безпечного встановлення приладів. Особлива увага приділяється мінній безпеці: категорично забороняється розпочинати геодезичні роботи на територіях, де велися бойові дії або які перебували в окупації, до моменту отримання офіційного акта про повне гуманітарне розмінування місцевості силами Державної служби з надзвичайних ситуацій чи сертифікованих операторів протимінної діяльності.

Польовий етап геодезичних робіт вимагає беззаперечного дотримання правил безпеки залежно від специфіки ландшафту та оточуючого середовища. Під час роботи в лісових масивах чи на пересіченій місцевості, коли виникає необхідність прорубування візирок для забезпечення прямої видимості між точками зйомки, працівники з сокирами або бензопилами

повинні перебувати на безпечній відстані один від одного, яка становить не менше п'яти метрів, а весь інструмент має бути надійно насаджений на топорища та рукоятки. Пересування по крутих схилах, скелях чи обривах дозволяється лише за наявності альпіністського спорядження, перевірених страховочних канатів або після облаштування тимчасових настилів та поручнів. На будівельних майданчиках та в умовах щільної міської забудови геодезист зобов'язаний постійно перебувати у захисній касці та сигнальному жилеті, не залишати прилади без нагляду та уникати їх встановлення в зоні роботи будівельних кранів, важкої техніки чи під конструкціями, що монтуються. Якщо вимірювання проводяться на проїжджій частині автомобільних доріг або на залізничних коліях, місце роботи обов'язково огороджується попереджувальними конусами та знаками, а у складі бригади призначається окремий сигнальник, який стежить за рухом транспорту та вчасно подає звуковий сигнал про небезпеку. При виконанні геодезичних робіт поблизу ліній електропередач забороняється піднімати металеві віхи, нівелірні рейки або рулетки на висоту, яка може призвести до небезпечного наближення або контакту з дротами під напругою, а встановлення приладів безпосередньо під ЛЕП допускається лише за наявності письмового наряду-допуску та у присутності представника енергетичної служби.

Експлуатація сучасного високотехнологічного геодезичного обладнання накладає додаткові специфічні вимоги до техніки безпеки. Електронні тахеометри та наземні лазерні сканери використовують лазерне випромінювання для вимірювання відстаней, тому категорично забороняється спрямовувати лазерний промінь безпосередньо в очі людям або на дзеркальні та сильно відбиваючі поверхні, здатні перенаправити промінь у бік персоналу, а при роботі з лазерами високого класу небезпеки слід застосовувати спеціальні захисні окуляри. Супутникові GNSS-системи комплектуються довгими віхами, виготовленими з вуглепластику або металу, які мають високу електропровідність і можуть діяти як

громовідводи під час негоди. Через це при перших ознаках наближення грози, появі блискавок чи звуках грому всі роботи з супутниковим обладнанням мають бути негайно зупинені, антени та віхи складені у транспортувальні чохли, а персонал повинен відійти на безпечну відстань від високих дерев та металевих споруд у захищене приміщення або закритий автомобіль. Використання безпілотних літальних апаратів для аерофотозйомки та створення ортофотопланів вимагає від оператора суворого дотримання правил польотів у повітряному просторі. Майданчик для зльоту та посадки БПЛА має бути повністю очищений від сторонніх предметів, трави та гілок, перебування сторонніх осіб або колег у радіусі запуску дрона суворо заборонено, а сам політ повинен контролюватися візуально без допущення неконтрольованого падіння апарату чи його прольоту над скупченнями людей і лініями високої напруги.

Після завершення робочої зміни або в разі виникнення аварійних ситуацій геодезична бригада повинна діяти чітко та злагоджено для мінімізації ризиків. Після закінчення вимірювань усі прилади акуратно очищаються від пилу, вологи, бруду за допомогою спеціальних серветок, ретельно укладаються в жорсткі транспортувальні кейси та фіксуються затискачами. З робочої точки демонтуються всі тимчасові знаки, кілки, віхи, збирається побутове та виробниче сміття, після чого виконується повна перевірка наявності інструментів за списком, а по прибуттю на базу засоби індивідуального захисту та обладнання здаються у місця їх постійного зберігання з обов'язковою доповіддю керівництву про виконання денного плану. У разі виникнення аварійної ситуації, наприклад, при травмуванні працівника, роботи повністю зупиняються, потерпілому негайно надається перша домедична допомога за допомогою засобів з аптечки, за потреби викликається бригада екстреної медичної допомоги за телефоном сто три, а про подію невідкладно інформується керівник підприємства та служба охорони праці. Якщо під час польових робіт працівники виявляють підозрілі предмети, зовні схожі на боєприпаси, міни, снаряди або нерозірвані

вибухові пристрої, будь-яка діяльність у цій зоні негайно припиняється, бригада організовано відходить назад власним слідом на безпечну відстань не менше ста метрів, місце події за можливості маркується підручними засобами без наближення до предмета, після чого здійснюється виклик рятувальників за телефоном сто один та поліції за телефоном сто два. При раптовому погіршенні погодних умов у вигляді урагану, зливи, хуртовини або граду техніка оперативно згортається, а люди евакуюються у найближче безпечне капітальне укриття.

Список використаних джерел

1. Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм (норми проектування) [Текст]: ДБН В. 2.3–19–2008: затв. Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України, 2008 р. №42. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 122 с – (Державні будівельні норми України).
2. Колії залізничні. Робочі креслення. ДСТУ Б А.2.4-33:2008 СПДБ. [Текст]: Разработчик: Київдіпротранс, Затверджено: Мінрегіонбуд України, наказ від 27.06.2008р. №288. 163 с.
3. Проектування провадження робіт з будівництва земляного полотна залізниці [Текст]: метод. посібн. / О.С.Саяпін, С.М.Камчатна, А.М.Малявін, В.Г.Мануйленко – Х.: УкрДАЗТ, 2007. – 62 с.
4. Даніленко І.І. Залізнична колія [текст]: підр. для студ. Вузів / І.І.Даніленко. - К,Основа, - 2010 р.
5. Організація робіт з реконструкції залізниць [Текст]: В.М.Астахов, Н.В.Бєлікова, Л.П.Ватуля, В.Г.Мануйленко – Х.: УкрДАЗТ, 2006. – 151 с.
6. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України: ЦП-0113. – [Чинний з 2004-10-08] – К., 2004. – 32 с.
7. Островський А. Л. Геодезія : підручник. Частина друга / А. Л. Островський, О. І. Мороз, В. Л. Тарнавський; за заг. ред. А. Л. Островського. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 564 с.
8. Білокриницький С. М. Геодезія : навчальний посібник / С. М. Білокриницький. – Чернівці : ЧНУ, 2011. – 576 с.
9. Зуска А.В. Інженерна геодезія: навч. посібн. / А.В. Зуска; Нац. гірн. унт, каф. геодезії. – Д.: НГУ, 2016. – 215 с.
10. ДБН А.2.1-1. Інженерні вишукування для будівництва. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. – 72 с.

11. ДБН В.1.3-2. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. – Київ:. Мінрегіонбуд України, 2010. – 69 с.
12. Закон України «Про транспорт». [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80?find=1&text=%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BD#Text