



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

В. М. Астахов, Н. В. Белікова, Є. І. Галагура

**ОРГАНІЗАЦІЯ ВИШУКУВАННЯ
ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ**

Навчальний посібник

Харків – 2020

УДК 625.113
А 91

*Рекомендовано вченою радою Українського державного
університету залізничного транспорту як навчальний посібник
(витяг з протоколу № 6 від 26 червня 2018 р.)*

Рецензенти:

професор Е. І. Даниленко (КІЗТ Державного університету
інфраструктури та технологій),
доцент Д. М. Курган (ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна)

Астахов В. М., Белікова Н. В., Галагуря Є. І.
А 91 Організація вишукування та проектування залізниць:
Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 112 с.,
рис. 22, табл. 26.
ISBN

У навчальному посібнику викладено трасування,
проектування плану та поздовжнього профілю, тягові
розрахунки, розрахунки обсягів робіт, розрахунки будівельної
вартості та експлуатаційних витрат. У додатках наведено всі
необхідні довідкові дані. Навчальний посібник рекомендовано
для бакалаврів і магістрів спеціальності 273 «Залізничний
транспорт».

УДК 625.113

Навчальний посібник

Астахов Віктор Миколайович,
Белікова Наталія Віталіївна,
Галагуря Євгеній Іванович

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИШУКУВАННЯ
ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

Відповідальний за випуск Галагуря Є. І.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 15.06.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 4,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ISBN

© Український державний
університет
залізничного транспорту, 2020.

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Аналіз вихідних даних. Визначення категорії та основних параметрів залізниці, яка проектується	6
Контрольні питання для самопідготовки за розділом 1	10
2. Тягові розрахунки	11
2.1. Розрахунки питомих сил основного опору руху локомотива й вагонного состава	12
2.1.1. Основний питомий опір руху локомотива	12
2.1.2. Основний середньозважений питомий опір руху вагонного состава	13
2.1.3. Середньозважений питомий опір під час рушання поїзда з місця	16
2.1.4. Додатковий питомий опір руху поїзда від кривої	17
2.1.5. Додатковий питомий опір руху поїзда від ухилу	17
2.2. Розрахунки маси й довжини состава	18
2.3. Діаграма питомих рівнодійних сил	21
2.3.1. Розрахунок питомих рівнодійних сил у режимі тяги	21
2.3.2. Розрахунок питомих рівнодійних сил у режимі холостого ходу	23
2.3.3. Розрахунок питомих гальмівних сил у режимі гальмування	24
2.4. Визначення допустимих швидкостей за гальмами	27
Контрольні питання для самопідготовки за розд. 2	31
3. Трасування нових залізниць	32
3.1. Вибір напрямку й оцінювання можливих варіантів лінії, яка проектується	32
3.2. Трасування варіантів	34
3.2.1. Показники траси та їх аналіз	37
3.2.2. Побудова плану лінії	39
3.3. Побудова проектної лінії	40
3.4. Розміщення роздільних пунктів	42
3.5. Розміщення й вибір малих водопропускних споруд	45
Контрольні питання для самопідготовки за розд. 3	52
4. Техніко-економічне порівняння варіантів при проектуванні залізниць	53

4.1. Визначення будівельної вартості	53
4.2. Розрахунки експлуатаційних витрат	56
4.3. Порівняння варіантів	59
4.3.1. Характеристика варіантів. Показники для їх оцінювання	59
4.3.2. Умови й показники порівняння варіантів інвестиційних проектів	60
4.3.3. Порівняння варіантів за вартісними показниками	61
Контрольні питання для самопідготовки за розділом 4	65
5. Побудова кривої швидкості й часу ходу	67
5.1. Випрямлення профілю колії	67
5.2. Побудова кривої швидкості способом Липеца	67
5.3. Побудова кривої часу способом Лебедева	70
Контрольні питання для самопідготовки за розділом 5	71
Бібліографічний список	72
Додаток 1. Умовні позначення	73
Додаток 2. Загальні характеристики локомотивів	80
Додаток 3. Покілометровий час ходу поїздів	81
Додаток 4. Гідравлічні характеристики водопропускних труб	91
Додаток 5. Кілометровий об'єм земляних робіт по головній колії	97
Додаток 6. Вартість будівництва	99
Додаток 7. Укрупнені норми для визначення витрат з пробігу одного поїзда за показниками траси	105
Додаток 8. Норми експлуатаційних витрат	108
Предметний покажчик	110

ВСТУП

Навчальний посібник «Організація вишукування та проектування залізниць» призначено для бакалаврів і магістрів спеціальності 273 «Залізничний транспорт».

Під час виконання курсового проекту студенти повинні навчитися застосовувати проектні технології і приймати рішення в стандартних ситуаціях. Для цього в курсовому проектуванні основний наголос треба зробити на оволодінні такими головними технологічними операціями: трасування, проектування плану та поздовжнього профілю, тягові розрахунки, розрахунки обсягів робіт, розрахунки будівельної вартості та експлуатаційних витрат. Завдання прийняття рішень під час курсового проектування обмежується порівнянням варіантів нової залізничної лінії.

У додатках до посібника наведено всі необхідні довідкові дані для виконання проекту.

Посібник забезпечений бібліографічним списком для використання при виконанні проекту.

Вихідні дані для виконання проекту наведені в табл. 1.1, які обираються за умовним кодом студента (призначається викладачем). Умовний код складається з двох цифр: за першою цифрою коду вибираються вихідні дані під непарним порядковим номером відповідно до варіанта, за другою цифрою коду - під парним порядковим номером. *Наприклад, якщо призначено умовний код 2-3, то за варіантом 2 вибираються вихідні дані під непарним порядковим номером (виділені жирним шрифтом), а за варіантом 3 - під парним порядковим номером.*

Умовні позначення за розд. 2–4 подано в дод. 1.

1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ. ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАЛІЗНИЦІ, ЯКА ПРОЕКТУЄТЬСЯ

Основні вихідні дані курсового проекту наведені в табл. 1.1. Приклад, який ілюструє курсовий проект, побудований відповідно до виділених курсивом вихідних даних. До складу вихідних даних входить також карта в горизонталях з зазначенням розміру перетину горизонталей, а також початкового та кінцевого пунктів трасування.

Нові залізничні лінії і під'їзні колії, додаткові головні колії та існуючі лінії, які підлягають реконструкції і технічному переоснащенню, залежно від їхнього призначення, характеру і розмірів вантажопасажирських перевезень, швидкості руху поїздів поділяються на категорії, які визначаються за ДБН В.2.3-19-2008 (табл. 1.2).

Основними параметрами залізниці є:

- кількість головних колій;
- керівний ухил;
- тип локомотива;
- корисна довжина приймально-відправних колій;
- розрахункова пропускна спроможність для розміщення роздільних пунктів.

У курсовому проекті розробляється проект нової одноколійної залізничної лінії. Керівний ухил нової залізниці обирається відповідно до техніко-економічних розрахунків залежно від топографічних умов місцевості, обсягів і темпів зростання перевезень на перспективу у взаємозв'язку з розрахунковою масою поїздів, потужністю локомотивів і основними параметрами залізниці, яка проектується, а також з урахуванням основних параметрів існуючої залізниці, до якої примикає лінія, що проектується. На нових залізничних лініях, за ДБН, керівний ухил у вантажному напрямку не повинен перебільшувати:

- 9 ‰ – на лініях I категорії;
- 12 ‰ – на лініях II категорії;
- 15 ‰ – на лініях III категорії;
- 20 ‰ – на лініях IV категорії;
- 30 ‰ – на лініях V-VII категорій.

Таблиця 1.1

Вихідні дані для виконання курсового проекту

Номер з/п	Найменування вихідних даних	Варіант				
		1	2	3	4	5
1	Локомотив	<i>ВЛ-10</i>	ВЛ-80^К	ВЛ-82	2ТЭ-10	2ТЭ-116
2	Кількість вагонів у складі, %					
	4-вісних (підшипники ковзання)	84		87		85
	4-вісних (роликові підшипники)		80		90	
	8-вісних	16	20	13	10	15
3	Коефіцієнт повновантаженості вагонів					
	4-вісних	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9
	8-вісних	0,6	0,7	0,8	0,7	0,8
4	Конструкція колії	<i>ланкова</i>	<i>безстик.</i>	ланкова	<i>безстик.</i>	<i>ланкова</i>
5	Розрахункова вантажна напруженість, млн ткм/км у рік					
	2-й	12,6	14,6	32,4	20,4	24,6
	5-й	18	18,5	39	27	28,5
	10-й	27	25	50	38	35
	15-й	36	31,5	61	49	41,5
6	Тип СЦБ	<i>НАБ</i>	АБ	НАБ	АБ	НАБ
7	Кількість пар поїздів*					
	вантажних	2/3	1/3	2/4	2/3	1/2
	пасажирських	2/3	2/4	2/3	1/3	1/2
	збірних	1/2	1/2	1/3	1/2	2/4
	прискорених	1/3	2/3	1/2	2/4	2/3
8	Кліматичний район проектування	8	6	5	7	5
9	Вид ґрунту	<i>Глина</i>	Супісок	Глина	Супісок	Глина
10	Товщина сніжного покриву	15	10	5	20	5

Продовження табл. 1.1

Номер з/п	Найменування вихідних даних	Варіанти				
		6	7	8	9	0
1	Локомотив	ВЛ-8	ВЛ-60	2М-62	ВЛ-10 ^у	ВЛ-80 ^с
2	Кількість вагонів у складі, %					
	4-вісних (підшипники ковзання)	82		89		87
	4-вісних (роликові підшипники)		86		84	
	8-вісних	18	14	11	16	13
3	Коефіцієнт повновантаженості вагонів					
	4-вісних	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8
	8-вісних	0,7	0,6	0,8	0,9	0,8
4	Конструкція колії	ланкова	безстик.	ланкова	безстик.	ланкова
5	Розрахункова вантажонапруженість, млн ткм/км у рік					
	2-й	33,6	11,6	16,6	27,6	14,6
	5-й	40,5	15,5	22	33	20
	10-й	52	22	31	42	29
	15-й	63,5	28,5	40	51	38
6	Тип СЦБ	НАБ	АБ	НАБ	АБ	НАБ
7	Кількість пар поїздів*					
	вантажних	1/3	1/2	2/4	1/2	2/3
	пасажирських	2/4	1/2	1/2	1/3	2/3
	збірних	2/3	2/3	1/3	2/3	1/2
	прискорених	1/2	1/3	2/3	2/4	1/2
8	Кліматичний район проектування	6	7	8	5	6
9	Вид ґрунту	Супісок	Глина	Супісок	Глина	Супісок
10	Товщина сніжного покриву	10	15	20	5	10

Примітка.* Чисельник – 2-й рік експлуатації, знаменник – 10-й рік.

Таблиця 1.2

Категорія залізничних ліній	Призначення залізниці	Розрахункова річна приведена вантажонапруженість (нетто* у вантажному напрямку) на 10-й рік експлуатації, млн ткм/км
Швидкісні	Залізничні магістралі	Незалежно від вантажонапруженості
I	Залізничні магістралі	Більше 50
II	Залізничні магістралі	Більше 30 до 50 включно
III	Залізничні магістралі	Більше 20 до 30 включно
IV	Залізничні магістралі	Більше 10 до 20 включно
V	Залізничні лінії	Більше 3 до 10 включно
VI	Залізничні лінії	До 3 включно
VII	Залізничні лінії	До 3 включно
	Внутрішньостанційні сполучені** і під'їзні колії	Незалежно від вантажонапруженості

Примітки: 1. Наведена вантажонапруженість визначається з урахуванням кількості пасажирських і приміських поїздів і маси їх завантаження.

2. Під'їзні й внутрішньостанційні з'єднувальні колії необхідно проектувати за нормами VII категорії. У випадку, коли максимальна швидкість руху поїздів перевищує 60 км/год, їх необхідно проектувати за нормами залізничних ліній VI категорії.

* При розрахунках поздовжнього профілю нових ліній (визначення керівного ухилу, тягові розрахунки), а також для розрахунків етапності колійних робіт за їхнім змістом до розрахункової вантажонапруженості нетто необхідно додавати масу вагонів і локомотива.

** До внутрішніх станційних колій належать колії, які ведуть до контейнерних терміналів вантажних районів; баз; сортувальних платформ; пунктів очищення, промивання й дезінфекції вагонів; пунктів ремонту рухомого складу і виконання інших технологічних операцій.

Розрахунок корисної довжини приймально-відправних колій виконують у розділі «Тягові розрахунки» залежно від розрахункової маси рухомого складу брутто.

Розрахунок пропускної спроможності виконується аналітично залежно від заданої вантажонапруженості на 10-й рік експлуатації в розділі «Трасування нових залізничних ліній».

Контрольні питання для самопідготовки за розділом 1

1. Призначення та зміст ДБН В2.3-19-2008.
2. Що таке категорія залізниці?
3. Що таке провізна спроможність залізниці?
4. Що таке пропускна спроможність залізниці?
5. Що таке керівний ухил?

2. ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ

Тягові розрахунки – це складова курсу «Вишукування та проектування залізниць», які дозволяють визначити характер і режими руху поїзда по ділянці. У тягових розрахунках розглядаються сили, які діють на поїзд, взаємодія цих сил, що обумовлює характер руху, і вирішуються такі завдання: визначення маси состава, швидкості й часу ходу поїзда по ділянці, механічної роботи локомотива і роботи сил опору руху, витрат електроенергії електровозами або дизельного палива тепловозами. За даними тягових розрахунків під час проектування залізниць оцінюються варіанти плану і профілю лінії, розташовуються роздільні пункти, визначається пропускна спроможність лінії, проектується пристрої електропостачання й локомотивного господарства (тягові підстанції, депо, пункти обертання локомотивів та ін.).

Важливе значення тягові розрахунки мають в експлуатації залізниць при складанні графіків руху поїздів, нормуванні енергоресурсів для тяги поїздів і для інших цілей.

У тягових розрахунках є ряд припущень, які спрощують розрахунки, але разом з тим забезпечують необхідну точність результату. Наприклад, у більшості випадків поїзд розглядається як матеріальна точка, що розташована в центрі тяжіння поїзда (у середині його довжини) і концентрує в собі всю масу поїзда.

Норми тягових розрахунків, значна частина яких отримана експериментально, наводяться в Правилах тягових розрахунків для поїзної роботи (ПТР) [5].

У тягових розрахунках розглядаються тільки ті складові зовнішніх сил, прикладених до поїзда, які направлені вздовж лінії руху поїзда, тому що саме вони впливають на поступальний рух поїзда по рейковій колії, – це сила тяги F , сила опору руху поїзда ω і гальмівна сила B .

Повні сили, тобто прикладені до всього поїзда, вимірюються в ньютонах (Н) або кілоньютонах (кН).

Питомі сили, які припадають на одиницю ваги поїзда, вимірюються в ньютонах на кілоньютони (Н/кН) (вага поїзда вимірюється в кілоньютонах (кН), оскільки маса поїзда вимірюється в тоннах (т)).

У тягових розрахунках також ураховують і сили опору руху поїзда. Розрізняють *основний* і *додатковий* опір руху.

Під *основним* розуміють на увазі *опір* під час руху по прямій горизонтальній ділянці колії. Він обумовлений тертям шийок осей у підшипниках, тертям кочення і тертям ковзання коліс по рейках і ударами в стиках, а також опором повітряного середовища.

Додатковий опір (понад основний) виникає під час руху поїзда на ухилах і в кривих ділянках колії.

2.1. Розрахунки питомих сил основного опору руху локомотива й вагонного состава

2.1.1. Основний питомий опір руху локомотива

Основний питомий опір руху локомотива, Н/кН, визначають за емпіричними формулами ПТР [5] для електровозів і тепловозів залежно від швидкості руху V , км/год, і конструкції колії:

- у режимі тяги на ланковій колії

$$\omega_0^I = 1,9 + 0,01V + 0,0003V^2; \quad (2.1)$$

- у режимі холостого ходу

$$\omega_X^I = 2,4 + 0,011V + 0,00035V^2. \quad (2.2)$$

За умов руху по безстиківій колії через відсутність втрат кінетичної енергії від ударів на рейкових стиках значення коефіцієнтів для електровозів і тепловозів при V і V^2 менше, ніж у формулах (2.1) і (2.2):

- у режимі тяги на безстиківій колії

$$\omega_0^I = 1,9 + 0,008V + 0,00025V^2; \quad (2.3)$$

- те саме в режимі холостого ходу

$$\omega_X^I = 2,4 + 0,009V + 0,00035V^2. \quad (2.4)$$

2.1.2. Основний середньозважений питомий опір руху вагонного состава

Основний питомий опір руху порожніх вагонів визначають за формулами, наведеними в роботі [2].

Основний питомий опір руху навантажених вантажних і пасажирських вагонів, Н/кН, визначають за формулою

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{a + bV + cV^2}{q_0}, \quad (2.5)$$

де a , b , c – коефіцієнти, що залежать від типу вагонів і конструкції колії, приймаються за табл. 2.1;

V – швидкість руху состава, км/год;

q_0 – маса, яка припадає на вісь вагона, т/вісь,

$$q_0 = \frac{q_{бр}(i)}{m}, \quad (2.6)$$

де $q_{бр}(i)$ – маса бруто вагона i -ї категорії;

m – кількість осей.

$$q_{op}(i) = q_T(i) + \beta q_{zp}(i), \quad (2.7)$$

де $q_T(i)$ – маса порожнього вагона i -ї категорії (табл. 2.2);

$q_{zp}(i)$ – вантажопідйомність вагона i -ї категорії (табл. 2.2);

β – коефіцієнт повновантаженості вагонів.

Таблиця 2.1

Тип вагона	Ланкова колія			Безстикова колія		
	a	b	c	a	b	c
вантажні вагони						
4-вісні на підшипниках ковзання	8	0,1	0,0025	8	0,08	0,002
4-вісні на роликових підшипниках	3	0,1	0,0025	3	0,09	0,002
8-вісні на роликових підшипниках	6	0,038	0,0021	6	0,26	0,0017
пасажирські вагони						
суцільнометалеві на роликових підшипниках	8	0,18	0,003	8	0,16	0,0023

Таблиця 2.2

Кількість осей вагона	Маса порожнього вагона q_r , Т	Вантажопідйомність вагона q_{ep} , Т	Довжина вагона l_v , М
4	22,0	63,0	14,0
8	44,0	125,0	20,0

Состави поїздів формуються, як правило, з вагонів різних типів, тому необхідно визначити середньозважений питомий опір вагонного состава ω_0'' :

$$\omega_0'' = \sum \alpha_i \cdot \omega_0''(i), \quad (2.8)$$

де α_i – питомий склад відповідних категорій вагонів у составі за масою,

$$\alpha_i = \frac{q_{gp}(i) \cdot \gamma_i}{\sum q_{gp}(i) \cdot \gamma_i}, \quad (2.9)$$

де γ_i – питома співвідношення вагонів за кількістю (надається в завданні).

Розрахунки значень основного питомого опору руху вагонів ω_0'' , локомотивів у режимі тяги ω_0^l і режимі холостого ходу ω_x^l здійснюють для інтервалу швидкостей руху від 10 км/год до конструкційної швидкості V_k локомотива з кроком у 10 км/год, включаючи значення V_p для розрахункової швидкості руху локомотива. Всі розрахунки подаються в табличній формі (табл. 2.3). Конструкційну й розрахункову швидкість руху локомотива визначають за роботою [5] або за дод. 2.

На підставі даних, поданих у табл. 2.3 (графи 1, 8, 9, 10), будують графіки залежності основного питомого опору руху вагонів ω_0'' , локомотивів у режимі тяги ω_0^l і режимі холостого ходу ω_x^l від швидкості.

Таблиця 2.3

V, км год	$\omega_{0(4)}''$ КОВЗ, $\frac{H}{кН}$	$\alpha_4 \omega_{0(4)}''$ КОВЗ, $\frac{H}{кН}$	$\omega_{0(4)}''$ рол, $\frac{H}{кН}$	$\alpha_4 \omega_{0(4)}''$ рол, $\frac{H}{кН}$	$\omega_{0(8)}''$, $\frac{H}{кН}$	$\alpha_8 \omega_{0(8)}''$, $\frac{H}{кН}$	ω_0'' , $\frac{H}{кН}$	ω_0^l , $\frac{H}{кН}$	ω_x^l , $\frac{H}{кН}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Приклад виконання курсового проекту

Визначаємо масу брунто вагонів:

- 4-вісного

$$q_{\text{бр}}(4) = 22 + 0,9 \cdot 63 = 78,7 \text{ т};$$

- 8-вісного

$$q_{\text{бр}}(8) = 44 + 0,6 \cdot 125 = 119 \text{ т}.$$

Визначаємо масу, яка припадає на вісь вагона:

- 4-вісного

$$q_0(4) = \frac{78,7}{4} = 19,675 \text{ т / вісь};$$

- 8-вісного

$$q_0(8) = \frac{119}{8} = 14,875 \text{ т / вісь}.$$

Визначаємо основний питомий опір руху вагонів:

- 4-вісного

$$\omega_{0(4\text{ск})}^{\text{II}} = 0,7 + \frac{8 + 0,1V + 0,0025V^2}{19,675} = 1,11 + 0,0051V + 0,000127V^2;$$

- 8-вісного

$$\omega_{0(8)}^{\text{II}} = 0,7 + \frac{6 + 0,038V + 0,0021V^2}{14,875} = 1,1 + 0,0025V + 0,000141V^2.$$

Визначаємо частку за масою в складі поїзда:

- 4-вісних

$$\alpha_4 = \frac{78,7 \cdot 84}{78,7 \cdot 76 + 119 \cdot 8} = 0,78;$$

- 8-вісних

$$\alpha_8 = \frac{119 \cdot 16}{78,7 \cdot 76 + 119 \cdot 8} = 0,22.$$

Виконуємо перевірку:

$$\alpha_4 + \alpha_8 = 0,78 + 0,22 = 1,00.$$

Визначаємо середньозважений основний питомий опір руху вагонного складу:

$$\omega_0^{\text{II}} = (1,11 + 0,0051V + 0,000127V^2)0,86 + (1,1 + 0,0025V + 0,000141V^2)0,14.$$

Значення середньозваженого основного питомого опору руху вагонного складу й локомотива наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

$V,$ $\frac{\text{км}}{\text{год}}$	$\omega_{0(4)}''$ ковз, $\frac{H}{\text{кН}}$	$\alpha_4 \omega_{0(4)}''$ ковз, $\frac{H}{\text{кН}}$	$\omega_{0(8)}''$ $\frac{H}{\text{кН}}$	$\alpha_8 \omega_{0(8)}''$ $\frac{H}{\text{кН}}$	ω_0'' $\frac{H}{\text{кН}}$	ω_0' $\frac{H}{\text{кН}}$	ω_x' $\frac{H}{\text{кН}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,17	0,91	1,14	0,26	1,16	2,03	2,55
20	1,26	0,98	1,21	0,27	1,25	2,22	2,76
30	1,37	1,07	1,31	0,29	1,36	2,47	3,05
40	1,51	1,17	1,43	0,32	1,49	2,78	3,4
46,7	1,62	1,26	1,53	0,34	1,6	3,02	3,68
50	1,68	1,3	1,58	0,35	1,66	3,15	3,83
60	1,87	1,45	1,76	0,39	1,85	3,58	4,32
70	2,09	1,62	1,97	0,44	2,06	4,07	4,89
80	2,33	1,81	2,21	0,49	2,3	4,62	5,52
90	2,59	2,01	2,48	0,55	2,57	5,23	6,23
100	2,89	2,24	2,77	0,62	2,86	5,9	7

2.1.3. Середньозважений питомий опір під час рушання поїзда з місця

Питомий опір при русанні поїзда з місця на площадці визначають за формулами:

- рухомий склад на підшипниках ковзання

$$\omega_{mp} = \frac{142}{q_o + 7}; \quad (2.10)$$

- рухомий склад на роликових підшипниках

$$\omega_{mp} = \frac{28}{q_o + 7}. \quad (2.11)$$

За наявності у складі поїзда різнотипних вагонів питомий опір состава визначається як середньозважена величина

$$\omega_{mp} = \sum \alpha_i \cdot \omega_{mp}(i). \quad (2.12)$$

Приклад виконання курсового проекту

$$\omega_{mp} = 0,78 \frac{142}{19,675 + 7} + 0,22 \frac{28}{14,875 + 7} = 4,42 \text{ Н / кН} .$$

2.1.4. Додатковий питомий опір руху поїзда від кривої

Додатковий опір у кривих виникає внаслідок збільшення тертя коліс об бічну поверхню головок рейок, а також у результаті збільшення проковзування коліс по рейках. Питомий додатковий опір руху поїзда в кривій визначають за формулами:

- при довжині поїзда менше або рівній довжині кривої

$$\omega_r = \frac{700}{R}; \quad (2.13)$$

- при довжині поїзда більше, ніж довжина кривої,

$$\omega_r = \frac{12.2 \sum \alpha^\circ}{l_n}; \quad (2.14)$$

де R – радіус кривої, м;

α° – кут повороту кривої, град;

l_n – довжина поїзда, м.

Додатковий опір від кривої завжди спрямовано в бік, протилежний напрямку руху, тобто додатно.

У тягових розрахунках прийнято виражати додатковий питомий опір від кривої через еквівалентний підйом i_e , тоді

$$\omega_r = i_e . \quad (2.15)$$

2.1.5. Додатковий питомий опір руху поїзда від ухилу

Додатковий опір руху від ухилу для всіх видів рухомого складу приймають рівним кількості промилів підйому або спуску:

$$\omega_i = \pm i . \quad (2.16)$$

При русі поїзда на підйомі додатковий опір від ухилу направлено в бік, протилежний напрямку руху, тобто додатно. Тому ухил при русі на підйом приймається зі знаком плюс, а на спуск відповідно мінус.

2.2. Розрахунки маси й довжини состава

При проектуванні нових залізниць масу состава, як правило, визначають із умови рівномірного руху поїзда з розрахунковою швидкістю V_p на керівному ухилі i_p :

$$Q = \frac{F_{\kappa(p)} - Pg(\omega'_o + i_p)}{(\omega''_o + i_p)g}, \quad (2.17)$$

де $F_{\kappa(p)}$ – розрахункова сила тяги локомотива, Н, при розрахунковій швидкості руху V_p , визначається за табл. 16 і 23 роботи [5];

i_p – керівний ухил, ‰, визначається виходячи з категорії залізничної лінії й аналізу поздовжнього профілю перегону;

g – прискорення вільного падіння;

P – маса локомотива, т, визначається за роботою [5];

ω''_o , ω'_o – основні питомі опори руху состава і локомотива, Н/кН, при розрахунковій швидкості V_p .

За Правилами тягових розрахунків [5], при проектуванні нових залізниць і електрифікації існуючих ліній силу тяги електровозів варто приймати на 5 ‰, а тепловозів на 7 ‰ менше розрахункової, передбаченої Правилами.

Отриману масу поїзда округляють у більший бік кратно 50 т.

Масу состава, отриману за формулою (2.17), необхідно перевірити за умови рушання з місця:

$$Q_{mp} = \frac{F_{\kappa(mp)}}{(\omega_{mp} + i_{mp})g} - P, \quad (2.18)$$

де $F_{\kappa(mp)}$ – сила тяги локомотива при рушанні з місця, Н, визначається за роботою [5];

i_{mp} – величина приведенного ухилу, на якому розташовується роздільний пункт, ‰;

ω_{mp} – середньозважений питомий опір поїзда при рушанні з місця, Н/кН.

Одержавши значення мас поїзда за формулами (2.17) і (2.18), для розрахунків приймають найменшу і позначають $Q_{\text{бр}}$.

Далі визначимо масу поїзда за формулою

$$Q_n = Q_{\text{бр}} + P. \quad (2.19)$$

Довжину состава визначимо за формулою

$$l_c = \sum n_i l_i, \quad (2.20)$$

де n_i – кількість вагонів i -ї категорії;

l_i – довжина вагона i -ї категорії, м.

Кількість вагонів i -ї категорії

$$n_i = \frac{Q_{\text{бр}} \alpha_i}{g_{\text{бр}(i)}}. \quad (2.21)$$

Довжина состава

$$l_n = l_c + m_l l_l, \quad (2.22)$$

де m_l – кількість локомотивів;

l_l – довжина локомотива, м.

Довжини локомотивів і вагонів визначають за роботою [5].

Потрібна довжина приймально-відправних колій

$$l_{no} = l_n + 10, \quad (2.23)$$

де 10 – допуск на зупинку поїзда на роздільному пункті, м.

Довжину приймально-відправних колій приймають з урахуванням формули (2.23) і табл. 8 роботи [1].

У багатьох розрахунках при проектуванні залізниць використовується маса нетто состава, тобто маса вантажу в составі. Маса нетто состава, т,

$$Q_n = \sum n_i \beta_i g_{гр(i)} . \quad (2.24)$$

Далі визначають відношення ваги нетто до ваги бруто:

$$\eta = \frac{Q_n}{Q} . \quad (2.25)$$

Коефіцієнт η для повновагових составів із сучасних вагонів становить приблизно 0,70 – 0,75. Середнє значення на мережі залізниць $\eta=0,6$.

Приклад виконання курсового проекту

Визначаємо масу состава:

$$Q = \frac{460000 - 184 \cdot 9,8 \cdot (3,02 + 15)}{(1,64 + 15)9,8} = 2620 \text{ т} .$$

Згідно з роботою [5] масу зменшуємо на 5 % і округляємо в більший бік кратно 50 т, у результаті $Q=2500$ т.

Визначаємо масу за умови рушання з місця, прийнявши ухил роздільного пункту $i_{тр}=2,5$ ‰.

$$Q_{тр} = \frac{626000}{(4,77 + 2,5)9,8} - 184 = 8605 \text{ т} .$$

Для подальших розрахунків прийmemo найменшу масу $Q_{бр}=2500$ тт.

Визначаємо масу поїзда:

$$Q_n = 2500 + 184 = 2684 \text{ т} .$$

Визначаємо кількість вагонів кожної категорії:

- 4-вісні вагони

$$n_4 = \frac{2500 \cdot 0,78}{78,7} = 24,66 \approx 25 \text{ шт} . ;$$

- 8-вісні вагони

$$n_8 = \frac{2500 \cdot 0,22}{119} = 4,69 \approx 5 \text{ шт.}$$

Визначаємо довжину состава:

$$l_c = 25 \cdot 14 + 5 \cdot 20 = 535 \text{ м.}$$

Визначаємо довжину поїзда:

$$l_n = 535 + 33 = 568 \text{ м.}$$

Визначаємо потрібну довжину приймально-відправних колій:

$$l_{no} = 568 + 10 = 578 \text{ м.}$$

Відповідно до табл. 8 роботи [1] приймаємо довжину приймально-відправних колій $l_{no} = 1050 \text{ м.}$

Визначаємо вагу нетто состава

$$Q_n = 25 \cdot 0,9 \cdot 63 + 5 \cdot 0,6 \cdot 125 = 2121,5 \text{ т.}$$

Визначаємо відношення ваги нетто до ваги бруто:

$$\eta = 2121,5 / 2500 = 0,85.$$

2.3. Діаграма питомих рівнодійних сил

Питомі рівнодійні сили r_0 розраховуються на прямій горизонтальній ділянці колії для трьох режимів руху поїзда:

- режим тяги – двигуни локомотива ввімкнено, рівнодійна сила дорівнює різниці сил тяги й сумарного опору руху;
- режим холостого ходу – двигуни ввімкнено, рівно дійна сила дорівнює сумарному опору при холостому ході;
- режим гальмування – двигуни вимкнено й ввімкнено гальма, рівнодійна сила дорівнює сумі опору руху при холостому ході й гальмівній силі.

Розрахунок питомих рівнодійних сил здійснюють для інтервалів швидкостей від 10 км/год до V_k , а також для V_p із кроком 10 км/год.

2.3.1. Розрахунок питомих рівнодійних сил у режимі тяги

У режимі тяги питомі рівнодійні сили визначають за формулою

$$r_0 = f_k - \omega_0, \quad (2.26)$$

де f_k – питома сила тяги, Н/кН;

ω_0 – основний питомий опір поїзда в режимі тяги, Н/кН.

$$f_k = \frac{F_k}{(P + Q)g}; \quad (2.27)$$

$$\omega_0 = \frac{\omega_0' P + \omega_0'' Q}{P + Q}. \quad (2.28)$$

Розрахунок питомих рівнодійних сил у режимі тяги виконують у табличній формі (табл. 2.5), при цьому значення P і Q підставляються в тоннах.

Таблиця 2.5

V, км год	F_k , Н	f_k , Н кН	ω_0' , Н кН	$\omega_0' P$, Н	ω_0'' , Н кН	$\omega_0'' Q$, Н	ω_0 , Н кН	r_0 , Н кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Згідно з даними графі 9 (табл. 2.6) будемо графік залежності $r_0 = f_k - \omega_0$ від швидкості (рис. 2.1).

Приклад виконання курсового проекту

Таблиця 2.6

V, км/год	F_k , Н	f_k , Н/кН	ω_0' , Н/кН	$\omega_0' P$, Н	ω_0'' , Н/кН	$\omega_0'' Q$, Н	ω_0 , Н/кН	r_0 , Н/кН
10	524000	19,9	2,03	373,52	1,16	2910,19	1,22	18,7
20	502000	19,1	2,22	408,48	1,25	3120,79	1,31	17,8
30	485000	18,4	2,47	454,48	1,36	3396,5	1,43	17
40	470000	17,9	2,78	511,52	1,49	3737,32	1,58	16,3
46,7	460000	17,5	3,02	555,91	1,6	4002,09	1,7	15,8
50	456000	17,3	3,15	579,6	1,66	4143,24	1,76	15,6
60	401000	15,2	3,58	658,72	1,85	4614,28	1,96	13,3
70	269000	10,2	4,07	748,88	2,06	5150,43	2,2	8,03
80	200000	7,6	4,62	850,08	2,3	5751,69	2,46	5,14
90	150000	5,7	5,23	962,32	2,57	6418,06	2,75	2,95
100	112000	4,26	5,9	1085,6	2,86	7149,54	3,07	1,19

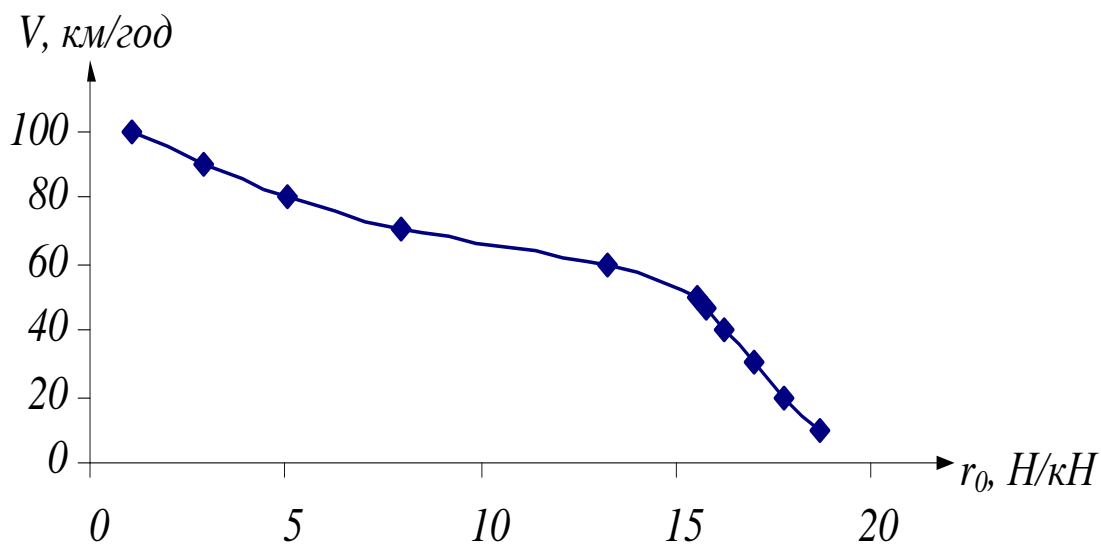


Рис. 2.1. Діаграма питомих рівнодійних сил у режимі тяги

2.3.2. Розрахунок питомих рівнодійних сил у режимі холостого ходу

Основний питомий опір руху поїзда в режимі холостого ходу визначають за формулою

$$\omega_{0x} = \frac{\omega_x P + \omega_0'' Q}{P + Q} \quad (2.29)$$

Розрахунок питомих рівнодійних сил у режимі холостого ходу роблять у табличній формі.

Згідно з даними графі 5 табл. 2.7, 2.8 будуємо графік залежності $\omega_{0x}(V)$ (рис. 2.2).

Таблиця 2.7

V, км/ГОД	ω_x^I , Н/кН	$\omega_x^I P$, Н	$\omega_0'' Q$, Н	$\omega_{0x} = \frac{\omega_x^I P + \omega_0'' Q}{P + Q}$, Н/кН
1	2	3	4	5

V , км/год	ω_x^I , Н/кН	$\omega_x^I P$, Н	$\omega_0^{II} Q$, Н	$\omega_{0x} = \frac{\omega_x^I P + \omega_0^{II} Q}{P + Q}$, Н/кН
10	2,55	468,28	2910,19	1,26
20	2,76	507,84	3120,79	1,36
30	3,05	560,28	3396,5	1,48
40	3,4	625,6	3737,32	1,63
46,7	3,68	676,57	4002,09	1,75
50	3,83	703,8	4143,24	1,81
60	4,32	794,88	4614,28	2,02
70	4,89	898,84	5150,43	2,26
80	5,52	1015,7	5751,69	2,53
90	6,23	1145,4	6418,06	2,83
100	7	1288	7149,54	3,15

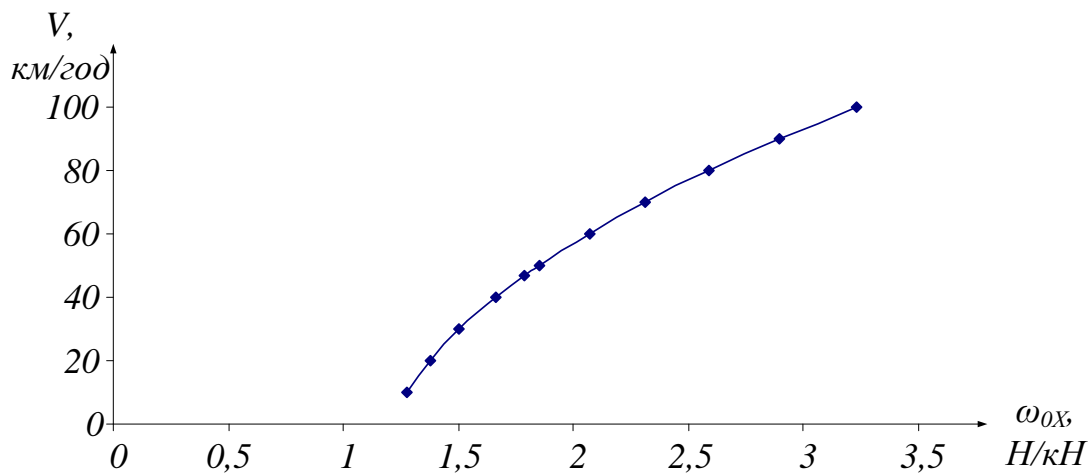


Рис. 2.2. Діаграма питомих рівнодійних сил у режимі холостого ходу

2.3.3. Розрахунок питомих гальмівних сил у режимі гальмування

За ПТР, при механічному гальмуванні гальмівна сила поїзда, Н/кН, визначається за формулою

$$b_T = 1000 \varphi_{кр} \cdot V_p, \quad (2.30)$$

де $\varphi_{кр}$ – розрахунковий коефіцієнт тертя гальмівної колодки об бандаж колеса;

V_p – розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда.

Розрахунковий коефіцієнт тертя обчислюється за такими формулами:

- при чавунних колодках

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{V + 100}{5V + 100}; \quad (2.31)$$

- при композиційних колодках

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{V + 150}{2V + 150}. \quad (2.32)$$

Розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда визначається з виразу

$$V_p = \frac{\sum K_p}{(P + Q)g}, \quad (2.33)$$

де $\sum K_p$ – сума розрахункових сил натиснення на гальмівні осі поїзда, кН,

$$\sum K_p = \sum K_{pв(i)} m_i n_i + \sum K_{рл} n_{то}; \quad (2.34)$$

де $\sum K_{pв(i)}$ – розрахункова сила натискання колодок на вісь кожного типу вагонів, кН, визначається за табл. 3 роботи [5];

m_i – кількість осей вагонів i -ї категорії;

n_i – кількість вагонів відповідної категорії в составі;

$K_{рл}$ – розрахункова сила натиснення колодок на вісь локомотива, кН (табл. 4 роботи [2]);

$n_{то}$ – кількість гальмівних осей локомотива.

Визначення гальмівних сил виконується в табличній формі (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

V, км/год	ω_{0x} Н/кН	V_p	$\varphi_{кр}$	$b_T = 1000\varphi_{кр} \cdot v_p$, Н/кН	$b_T + \omega_{0x}$, Н/кН	$0,5b_T + \omega_{0x}$, Н/кН
1	2	3	4	5	6	7

За даними граф 6 і 7 (табл. 2.10) будуються графіки залежності питомих гальмівних сил від швидкості при екстремому (графа 6) і службовому (графа 7) гальмуванні (рис. 2.3).

Приклад виконання курсового проекту

Таблиця 2.10

V , км/год	ω_{0x} , Н/кН	V_p	$\varphi_{кр}$	b_T , Н/кН	$b_T + \omega_{0x}$, Н/кН	$0,5b_T + \omega_{0x}$, Н/кН
1	2	3	4	5	6	7
10	1,26	0,3726	0,198	73,77	75,03	38,14
20	1,36	0,3726	0,162	60,36	61,71	31,53
30	1,48	0,3726	0,1404	52,31	53,78	27,63
40	1,63	0,3726	0,126	46,94	48,57	25,1
46,7	1,75	0,3726	0,11877	44,25	45,99	23,87
50	1,81	0,3726	0,11571	43,11	44,92	23,36
60	2,02	0,3726	0,108	40,24	42,25	22,13
70	2,26	0,3726	0,102	38	40,26	21,26
80	2,53	0,3726	0,0972	36,21	38,74	20,63
90	2,83	0,3726	0,09327	34,75	37,57	20,19
100	3,15	0,3726	0,09	33,53	36,68	19,91

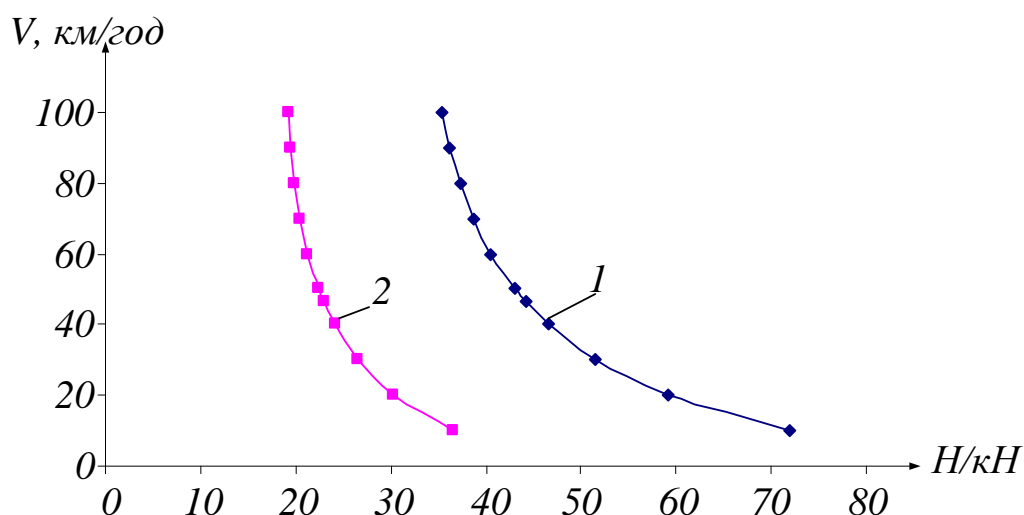


Рис. 2.3. Діаграма питомих гальмівних сил під час екстремого (1) і службового (2) гальмування

2.4. Визначення допустимих швидкостей за гальмами

У практиці тягових розрахунків разом із завданням визначення довжини гальмівного шляху при заданих V_i та V_p виникає необхідність визначити допустиму швидкість руху поїзда на відповідному ухилі при встановленій довжині гальмівного шляху.

Гальмівний шлях S_m обчислюють як суму шляху підготовки до гальмування S_n і дійсного шляху гальмування S_d . Шлях S_n пасажирські поїзди проходять за кілька секунд, а вантажні — за час тривалістю до півтора-двох десятків секунд (залежно від довжини поїзда й крутості спуску), протягом якого поступово наростає тиск повітря в гальмівних циліндрах.

Допустиму довжину гальмівного шляху під час екстреного гальмування вантажних і пасажирських поїздів, які рухаються зі швидкістю не більше 100 км/год, приймають 1000 м, якщо найбільша крутість спусків на перегоні менше 6 ‰, і 1200 м на більш крутих спусках. Для пасажирських поїздів, які обертаються зі швидкостями до 120 км/год, довжина S_m приймається (залежно від вказаних вище крутостей спусків) відповідно 1200 і 1300 м, а при швидкостях 160 км/год і більше – 1600 і 1700 м [5].

Звичайно це завдання вирішується графічним способом. З цією метою на одному кресленні необхідно побудувати криву швидкості під час гальмування $V(S)$ і криву шляху підготовки до гальмування $S_n(V)$. Перетинання цих кривих дає точку К (рис. 2.4), ордината якої визначає допустиму швидкість за гальмами на розрахунковому значенні ухилу. Крива $V(S)$ будується на основі діаграми питомих сповільнюючих сил під час екстреного гальмування вліво від початку координат (точка М на рис. 2.4). Для цього необхідно для кожного інтервалу швидкостей (10-20, 20-30, 30-40..... 90-100) визначити пройдений шлях за формулою

$$\Delta S = \frac{4.17(V_k^2 - V_n^2)}{r(V_{cp})}, \quad (2.35)$$

де V_k – кінцева швидкість інтервалу, який розглядається, км/год;

V_n – початкова швидкість інтервалу, який розглядається, км/год;

$r(V_{cp})$ – залежність питомої гальмівної сили при екстреному гальмуванні від середньої швидкості розглянутого інтервалу з урахуванням ухилу профілю,

$$r(V_{cp}) = (b_T + \omega_{0x}) \pm i. \quad (2.36)$$

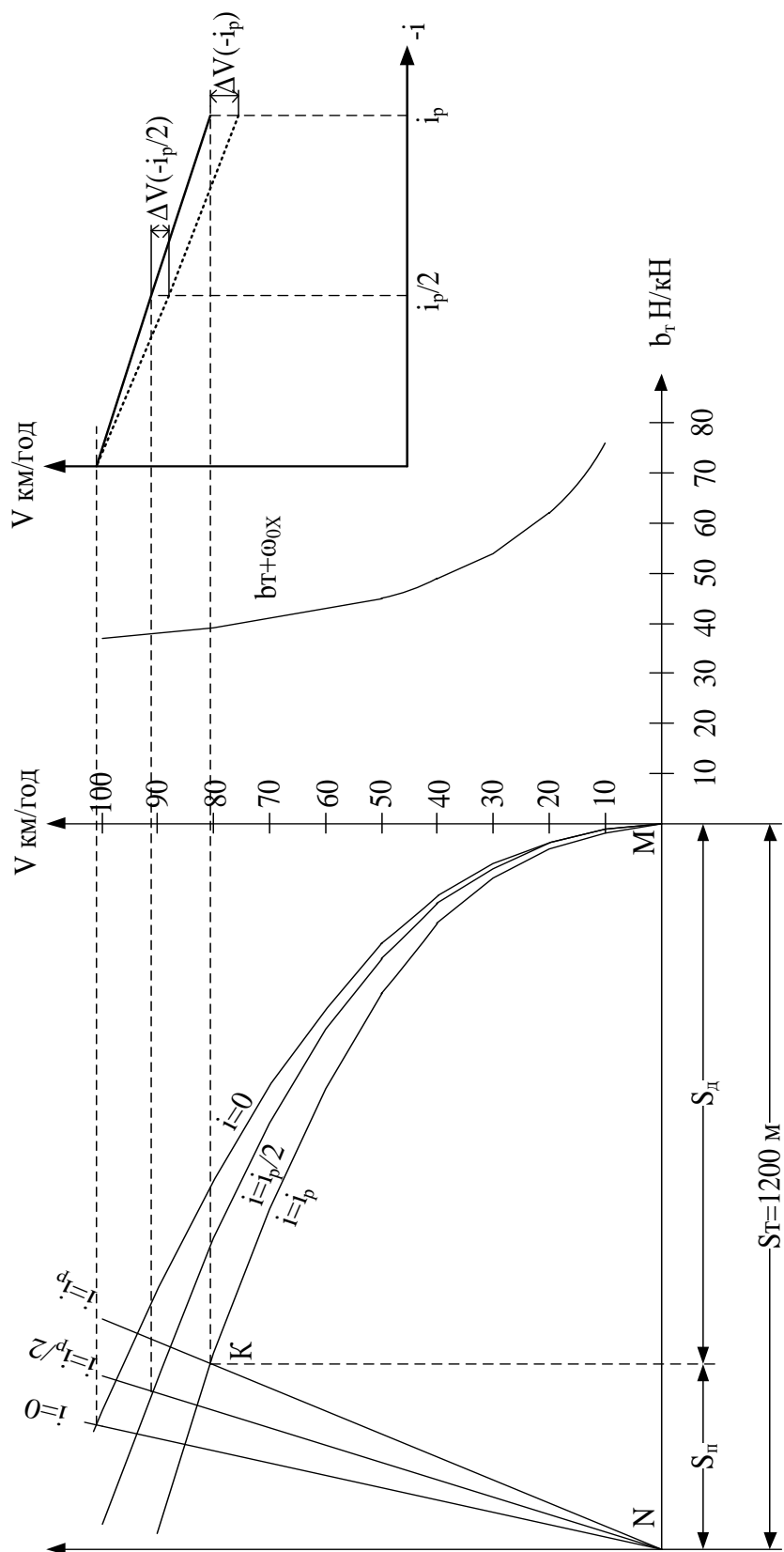


Рис. 2.4. Графічне розв'язання гальмівної задачі

Використовуючи залежності (2.35), (2.36) розраховують довжину шляху ΔS певного профілю, на якому швидкість поїзда змінюється від початкової V_n до кінцевої V_k . Для цього підсумовують значення ΔS у межах від V_n до V_k (рис. 2.5).

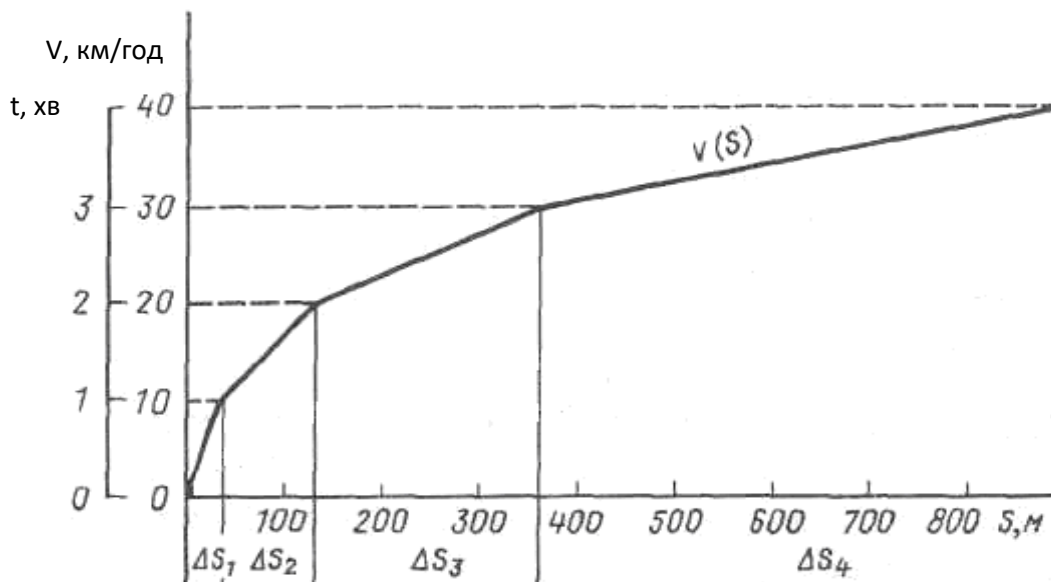


Рис. 2.5. Крива швидкості руху поїзда $V(S)$ на ділянці гальмування

На цьому ж кресленні будується й крива $S_n(V)$ з точки N вправо до перетинання з кривою $V(S)$ (точка K, рис. 2.4). Положення точки N визначається величиною розрахункового гальмівного шляху S_m , який відповідно до роботи [5] приймаємо для спусків крутістю до 6 ‰ $S_m = 1000$ м, а більше 6 ‰ $S_m = 1200$ м.

Оскільки функція $S_n(V)$ близька до лінійної, то практично для її побудови вистачає двох значень швидкості $V = 0$ і $V = V_k$.

Шлях підготовки до гальмування визначається за формулою

$$S_n = 0,278 \cdot V_{nm} \cdot t_n, \quad (2.37)$$

де V_{nm} – швидкість поїзда в момент початку гальмування, км/год;
 t_n – час підготовки до гальмування, с.

Час підготовки до гальмування визначається за такими формулами:

а) для вантажних поїздів, які мають менше 200 осей,

$$t_n = 7 - \frac{10i}{b_m}; \quad (2.38)$$

б) для вантажних поїздів, які мають більше 200 осей,

$$t_n = 10 - \frac{15i}{b_m}, \quad (2.39)$$

де i – ухил ділянки, ‰, на якій відбувається гальмування.

Для іншого значення ухилу необхідно побудувати нову криву $V(S)$ і $S_n(V)$.

Відповідно до завдання необхідно побудувати криві $V(S)$ і $S_n(V)$ для трьох ухилів $i=0$; $i=-i_p/2$, $i=-i_p$ і на їхній основі побудувати графік залежності $V(i)$.

Побудова кривих $V(S)$ і $S_n(V)$ виконується в масштабах:

- для питомих сповільнюючих сил 1 Н/кН – 1 мм;
- для шляху 1 км – 120 мм;
- для швидкості 1 км/год – 1 мм.

При визначенні швидкості руху поїзда на затяжних спусках довжиною до 10 км дозволяється приймати швидкість нижче допустимої за гальмами на ΔV залежно від спуску. При графічному способі графік швидкості руху будується у вигляді горизонтальної лінії з урахуванням цієї поправки ΔV . Значення ΔV залежно від спуску приймається за табл. 13 роботи [5]. На затяжних спусках довжиною більше 10 км або крутістю більше 18 ‰ швидкість руху визначається з використанням відповідних діаграм сповільнюючих сил.

Приклад виконання курсового проекту

Визначаємо шлях підготовки до гальмування для трьох ухилів $i=0$; $i=-i_p/2$, $i=-i_p$ за умови, що в составі менше 200 осей:

$$i=0; t_n = 7 - \frac{10 \cdot 0}{39.76} = 7 \text{ с};$$

$$S = 0,278 \cdot 100 \cdot 7 = 195 \text{ м}.$$

$$i = -i_p/2 = -7,5; t_n = 7 - \frac{10 \cdot (-7,5)}{39,76} = 8,88 \text{ c};$$

$$S = 0,278 \cdot 100 \cdot 8,88 = 247 \text{ м}.$$

$$i = -i_p = 15; t_n = 7 - \frac{10 \cdot (-15)}{39,76} = 10,77 \text{ c};$$

$$S = 0,278 \cdot 100 \cdot 10,77 = 300 \text{ м}.$$

Контрольні питання для самопідготовки за розділом 2

1. Призначення тягових розрахунків.
2. Сили, що діють на поїзд.
3. Сили опору руху поїзда.
4. Додаткові опори від ухилу та кругової кривої.
5. Основний опір руху поїзда.
6. Сила тяги локомотива.
7. Гальмівні сили поїзда.
8. Визначення маси вантажних поїздів.
9. Визначення часу ходу поїзда.
10. Визначення допустимих швидкостей руху поїзда на спусках.

3. ТРАСУВАННЯ НОВИХ ЗАЛІЗНИЦЬ

Трасування – це визначення положення траси залізничної лінії в просторі.

Камеральне (кабінетне) трасування – укладання плану траси на топографічній карті, топографічному плані в горизонталях, стереомоделі або цифровій моделі місцевості з одночасним проектуванням поздовжнього профілю.

Польове трасування – інструментальне укладання проекції траси на поверхню землі.

Траса залізниці визначає розташування капітальних споруд, які багато коштують і, як правило, не піддаються переміщенню: земляного полотна, водопропускних труб, мостів, тунелів, станцій та ін. Отже, вибір положення траси – одне з найважливіших завдань проектування залізниці. Воно повинно вирішуватися з урахуванням відповідності траси умовам майбутньої експлуатації залізниці й будівельним вимогам.

Трасування залізничної лінії являє собою досить складне завдання, яке вимагає знання прийомів і досвіду камерального трасування на ділянках вільних і напружених ходів, а також особливостей трасування ліній у різних топографічних умовах, що вирішується шляхом ряду послідовно поліпшуючих спроб.

Через це раніше, ніж приступити до трасування лінії, необхідно вивчити відповідні розділи підручників ([2] розд. 3, 4 або [3] розд. 4, 5), а також будівельні норми й правила [1].

3.1. Вибір напрямку і оцінювання можливих варіантів лінії, яка проектується

Вибір напрямку починається з прокладання повітряної лінії (геодезичної лінії), тобто прямої між початковою й кінцевою точками траси. Повітряну лінію викреслюють на карті за допомогою лінійки.

Основне призначення повітряної прямої:

- оцінювання складності рельєфу на найкоротшому напрямку й поруч у полосі варіювання;
- встановлення місця попутних долин і водорозділів;
- взаємне оцінювання точок перетинання висотних перешкод (хребтів і рік) з віддаленням їх від повітряної прямої,

тобто подовження майбутніх варіантів трас, які проходять через ці точки;

- визначення подовження (коефіцієнта розвитку) трас варіантів – одного з важливих якісних показників, які безпосередньо впливають на експлуатаційні витрати.

Другою дією під час вибору напрямку траси є аналіз рельєфу за напрямками можливих варіантів і призначенням варіантів траси.

З метою аналізу рельєфу спочатку рельєф «піднімають» – обводять синім кольором річкову (гідрографічну сітку), а коричневим кольором вершини водорозділів (орографічну сітку). Таке «піднімання» рельєфу дозволяє більш вільно орієнтуватися у висотних перешкодах по трасі. Для такого самого вільного орієнтування в плані на карті «піднімають» зеленим або чорним кольором кордони заповідних територій, міст, рудників і родовищ вугілля, які розробляються шахтним і відкритим способом, границі цінних угідь, майбутніх водосховищ, тобто ті території, через які прокладання залізниці небажане або неприпустиме. Іноді ці території (для зручності) заштриховують.

Для вибору конкурентних варіантів необхідно провести аналіз варіантів за такими основними показниками, які заносяться до табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Показник	Вимірник	Варіант			
		1	2	3	4
Довжина геодезичної лінії L	км				
Довжина варіанта L_e	км				
Коефіцієнт розвитку лінії $\lambda = L_e/L$					
Середньозважений ухил	‰				
Сума подоланих висот					
- туди	м				
- назад	м				
Кількість водопропускних споруд					
- великих	шт.				
- малих	шт.				

Проаналізувавши дані показники, вибирають два найбільш конкурентоспроможних варіанти для наступного трасування й техніко-економічного порівняння.

Для геодезичної лінії та обраних варіантів будують схематичні поздовжні профілі в масштабі карти при вертикальному масштабі 1:1000 з зазначенням у графах профілю кілометрів траси, плану лінії, пікетів, відстаней, відміток землі і середніх ухилів.

3.2. Трасування варіантів

Трасуванню плану лінії має передувати уточнення наміченого напрямку траси шляхом прокладання магістрального ходу. Магістральний хід являє собою перше наближення траси, що відповідає певному значенню керівного (або іншого обмежуючого) ухилу. Прокладання магістрального ходу звичайно починають з ділянок напруженого ходу траси. Для цього на карту наносять лінію нульових робіт, тобто лінію, що має ухил трасування. Для проведення на карті в горизонталях лінії заданого ухилу необхідно вирахувати закладання d , км.

Відкладаючи вимірником у масштабі карти відстань d між сусідніми горизонталями, одержують лінію нульових робіт. На рис. 3.1 на ділянці від станції A в напрямку до B показано два положення напруженого ходу траси (від станції A до точок B і Γ , розташованих на однакових відмітках). Варіант, показаний суцільною лінією, дозволяє значно зменшити довжину вільного ходу й одержати більш коротку трасу всієї ділянки лінії.

$$d = \frac{\Delta h}{i}, \quad (3.1)$$

де Δh – перетин горизонталей, м;

i – ухил трасування, ‰.

Прокладання лінії нульових робіт слід вести з урахуванням положення траси при відповідних нормах проектування плану лінії. При нанесенні лінії нульових робіт забороняється переходити хоч би через одну горизонталь, тому що це призведе

до збільшення обсягу земляних робіт на всій наступній ділянці напруженого ходу.

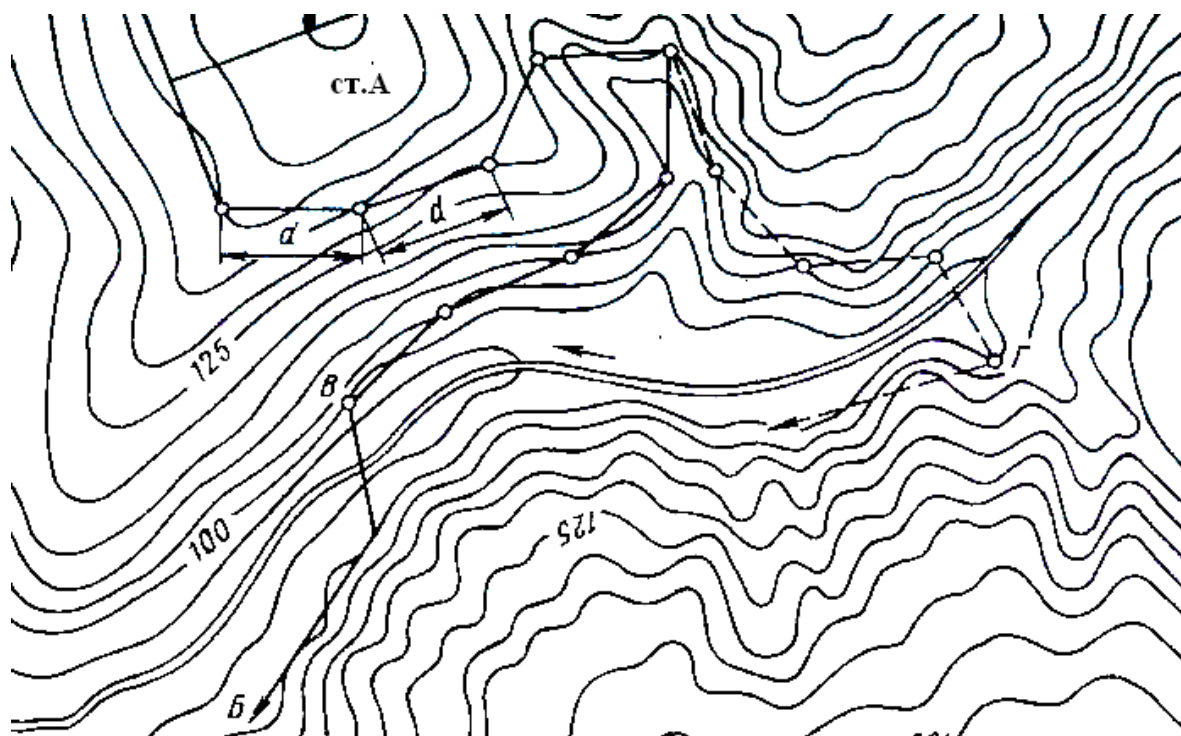


Рис. 3.1. Варіанти лінії нульових робіт

Після визначення раціонального положення магістрального ходу приступають до трасування залізниці. Воно виконується від осі початкової станції невеликими ділянками. При цьому одночасно з укладанням лінії в плані створюють схематичний поздовжній профіль траси (рис. 3.2).

На ділянках напруженого ходу застосовують такий порядок трасування.

1. На карті, орієнтуючись на лінію нульових робіт, наносять ділянку плану траси довжиною не більше 2-3 км. При цьому лінія нульових робіт спрямляється для раціонального зменшення кількості кутів повороту й забезпечення допустимих величин радіусів кривих і довжин прямих вставок між ними. При нанесенні траси на карту використовують прозорі шаблони кругових кривих у масштабі карти.

2. На схематичному поздовжньому профілі від проектної відмітки, отриманої при трасуванні попередньої ділянки вільного

ходу, або від відмітки початкової станції, якщо напружений хід проектується від початку траси, проводять проектну лінію з необхідним ухилом.

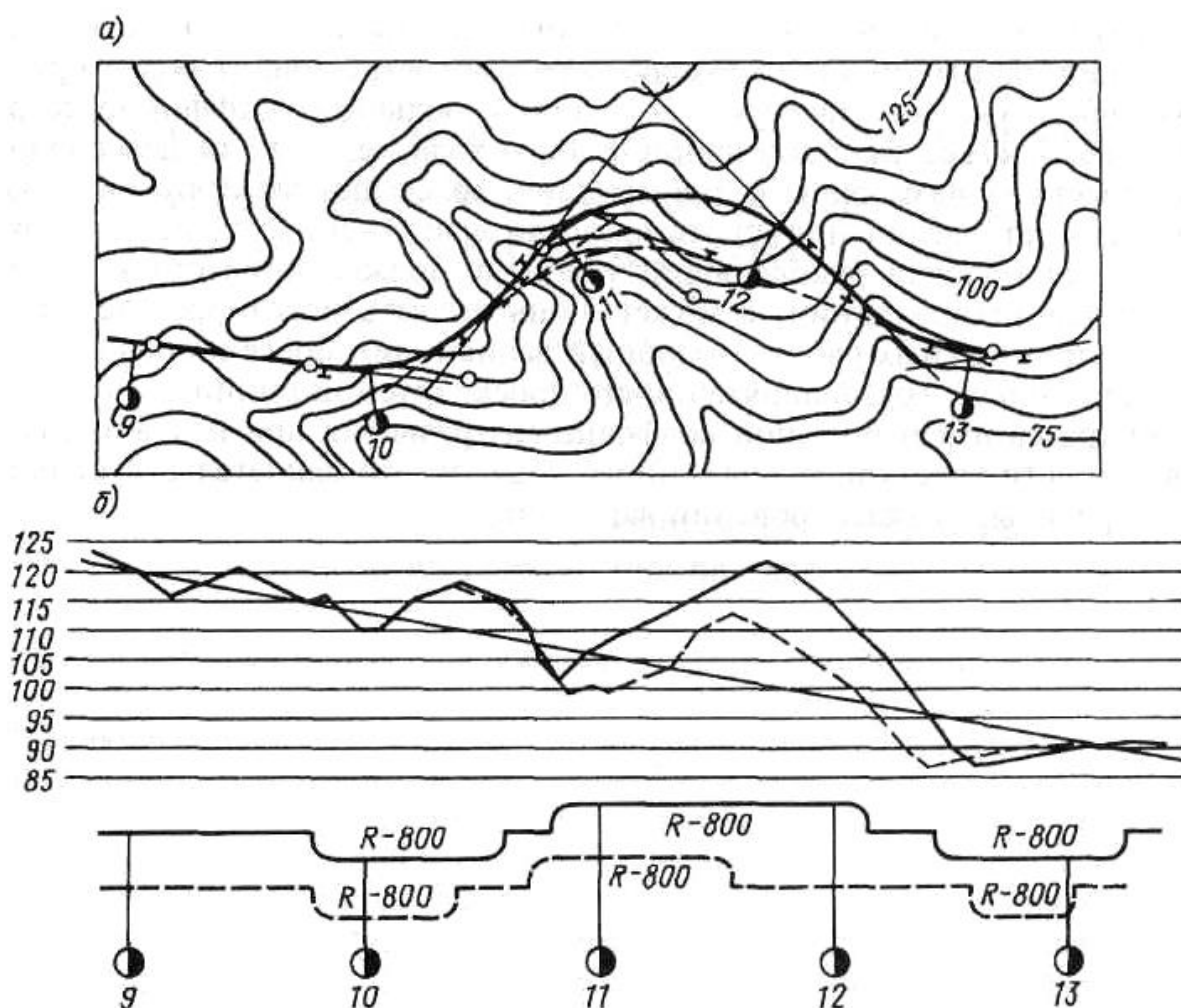


Рис. 3.2. Приклад коректування траси на ділянці напруженого ходу: а – план траси; б – поздовжній профіль; суцільною лінією – до, пунктирною – після коректування

3. На поздовжній профіль наносять відмітки землі по осі траси. Оскільки траса відхилилася від лінії нульових робіт (див. п. 1), то утворюються насипи й виїмки, що характеризується на профілі взаємним положенням проектної лінії і лінії поверхні землі.

Якщо обсяги земляних робіт на даній ділянці виявилися занадто великими, то перевіряють доцільність зміщення осі траси в плані: при глибоких виїмках трасу зміщують у бік більш

низьких відміток землі (вниз по косогору), при високих насипах трасу зміщують вгору по косогору.

На рис. 3.2 показано, як за допомогою попереднього наколювання поздовжнього профілю визначається необхідність коректування наміченої траси і як це коректування здійснюється (штрихова лінія).

4. Після того як задовільне рішення знайдено, розбивають кілометраж на карті й профілі, на сітку поздовжнього профілю наносять план лінії, фіксуючи точки початку й кінця кривих, визначених за подальшими формулами п. 3.2.2. Це дозволяє уточнити положення проектної лінії (попередньо нанесеної необхідним ухилом), зм'якшуючи керівний ухил відповідно положенням кривих і значенням радіусів (див. п. 3.9 [2]).

5. Визначивши довжину й ухили елементів профілю, підраховують проектні відмітки на переломах профілю з точністю до 0,01 м. За обчисленими відмітками на профіль остаточно наносять проектну лінію.

6. На схематичному поздовжньому профілі записують робочі відмітки в характерних точках профілю (рис. 3.3). Після цього приступають до трасування наступної ділянки.

Трасування лінії на ділянках вільного ходу відрізняється від трасування на напруженому ходу: після того як на планшеті запроектовано ділянку плану лінії, на поздовжній профіль спочатку наносять відмітки землі, а потім уже підбирають положення проектної лінії, найбільш доцільне за обсягами земляних робіт і сумою подоланих висот.

Отже, при трасуванні на вільному ходу змінюється черговість виконання перших трьох пунктів роботи. Пункти 4-6 виконуються в тій самій послідовності, що при трасуванні напружених ходів.

3.2.1. Показники траси та їх аналіз

Основні показники траси:

- довжина варіанта L_v , км;
- довжина геодезичної лінії L , км;
- коефіцієнт розвитку траси $\lambda = L_v/L$;
- довжина вільних і напружених ходів, км, %.

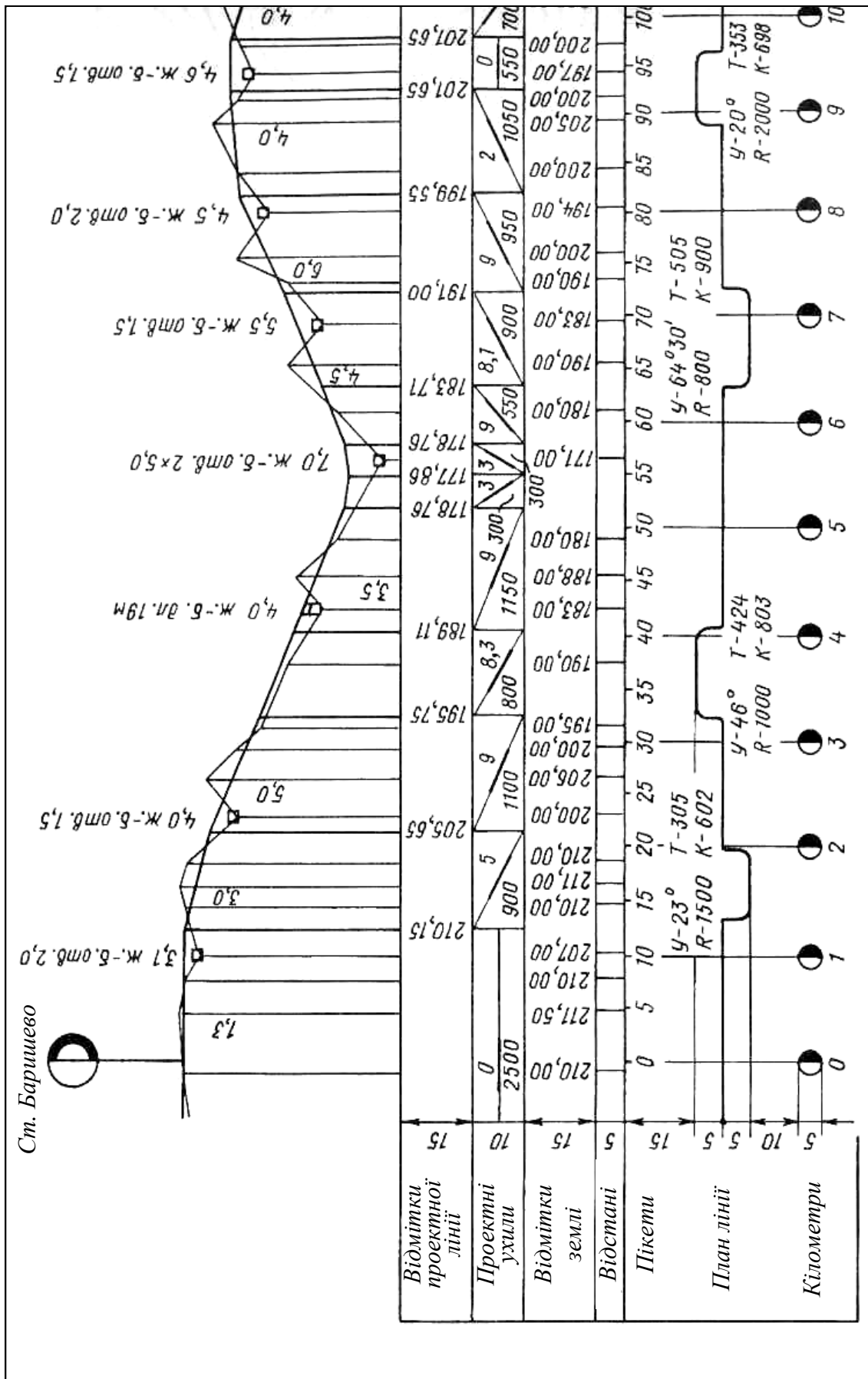


Рис. 3.3. Схематичний поздовжній профіль

Порівняння коефіцієнта розвитку траси зі співвідношенням вільних і напружених ходів дозволяє судити про те, наскільки вдало намічено керівний ухил і напрямок даного варіанта і які доцільно розглянути рішення для інших варіантів траси. Якщо траса має великий коефіцієнт розвитку при незначній довжині ділянок напруженого ходу, то це свідчить звичайно про неправильне трасування варіанта.

3.2.2. Побудова плану лінії

План залізниці складається з прямих, кривих і перехідних кривих. Величина радіуса кривої вибирається за табл. 5 роботи [1] відповідно до конкретних умов. Прямі й криві ділянки залізниці необхідно з'єднувати за допомогою перехідних кривих, які визначаються за табл. 6 роботи [1].

Для уточнення положення плану лінії транспортиром вимірюють кути повороту й розраховують основні елементи кривих:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3.2)$$

$$K = \frac{R\alpha}{57,3}, \quad (3.3)$$

де T – тангенс кривої;

R – радіус кривої, м;

α – кут повороту, град;

K – довжина кривої, м.

На ділянках, де криві розташовані близько одна від одної, необхідно врахувати розміщення перехідних кривих і прямої вставки між ними, обумовленої за табл. 7 роботи [1]. Розрахунок головних точок кривих здійснюємо за формулами

$$ПКК = BK - T, \quad (3.4)$$

$$ККК = ПКК + ДО, \quad (3.5)$$

де $ПКК$ – початок кругової кривої;

BK – вершина кута;

$ККК$ – кінець кругової кривої.

Після розрахунку кожної кривої вони наносяться на план лінії, а розрахунки плану зводяться в табл. 3.2.

Наприкінці таблиці виконується перевірка розрахунків, сума прямих і сума кривих має дорівнювати довжині варіанта, тобто

$$\sum K_i + \sum l_i = L_B . \quad (3.6)$$

Таблиця 3.2

Номер	Кут повороту α°	Радіус кривої R, м	Тангенс кривої T, м	Довжина кривої K, м	Місце розташування кривих			Довжина прямої вставки l_i , м
					БК	ПКК	ККК	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3.3. Побудова проектної лінії

Початкову станцію траси (ст. А) звичайно розглядають як станцію примикання до існуючої залізниці. Тому в межах станційної площадки напрямок лінії строго фіксовано. За початок відліку (нульовий кілометр) приймають вісь станції А. Відстань від А до першої вершини кута повороту, тобто фіксована точка 1, має бути не менше величини Z_{min} , яка визначається за формулою

$$Z_{min} = \frac{l_{cm}}{2} + \frac{l_n}{2} + T + a , \quad (3.7)$$

де l_{cm} – довжина станційної площадки, м;

l_n – довжина перехідної кривої, м, прийнята за табл. 6 роботи [1];

T – тангенс кругової кривої, м;

a – резерв на додатковий розвиток станції на перспективу, м.

Величина a при поперечному і напівпоздовжньому типах роздільних пунктів дорівнює різниці корисних довжин

приймально-відправних колій (проектованих і перспективних), а при поздовжньому типі – подвоєній різниці.

Надалі, оскільки трасування лінії ведеться від початкової станції підряд, будуть зустрічатися ділянки вільних і напружених ходів. У зв'язку з цим необхідно пам'ятати основні прийоми трасування на ділянках вільних і напружених ходів.

Графічний підбір проектних ухилів виконується за допомогою прозорого трикутника таким чином: оскільки ухил, ‰, відповідає підйому (спуску) лінії в метрах на відстані 1 км, і якщо ми по горизонталі відкладемо 1 км у масштабі карти, а по вертикалі (при $M=1:1000$) кількість метрів, яка відповідає величині і напрямку ухилу, мм, то лінія, яка з'єднує ці точки (гіпотенуза прямокутного трикутника), дасть графічне значення ухилу. При цьому довжина елемента й різниця суміжних ухилів не повинна перевищувати нормативних значень, наведених у табл. 3 роботи [1]. Для даної перевірки необхідно визначити різницю суміжних ухилів:

$$\Delta i = i_n - i_{n-1}, \quad (3.8)$$

де i_n – значення ухилу розглянутого елемента з урахуванням знака (спуск -; підйом +);

i_{n-1} – значення ухилу попереднього елемента з урахуванням знака.

Побудову лінії найдоцільніше за обсягами робіт з урахуванням вимог ДБН [1] виконувати таким чином:

а) нехай поздовжній профіль землі близький до площадки, тоді проектну лінію на цій ділянці бажано провести насипом, висота якої визначається з виразу

$$h = h_{cn} + 0,7, \quad (3.9)$$

де h_{cn} – висота розрахункової товщини сніжного покриву в даному кліматичному районі, м;

0,7 – перевищення насипу над рівнем розрахункової товщини сніжного покриву для ліній I категорії;

б) аналогічно проводиться проектування лінії на одноманітному спуску або підйомі;

в) у місцях перетинання балки для розміщення водопропускної споруди слід передбачити насип висотою 2,5-3 м.

Якщо найкоротший напрямок траси призводить до великих обсягів земляних робіт, які зміною проектною лінії (ухилів елементів) виправити неможливо, виконується коригування плану, тобто призначаються зміни величин існуючих кутів повороту або додаються нові, щоб змістити трасу вгору по косогору на ділянках зтяжних насипів і вниз на ділянках зтяжних виїмок.

Значення ухилів записується в тисячних. У межах кривих величина керівного ухилу зм'якшується на величину еквівалентного ухилу.

Для всіх характерних відміток землі і для переломів профілю з точністю до 0,01 м визначаються проектні відмітки за виразом

$$H_n = H_{n-1} \pm ib, \quad (3.10)$$

де H_{n-1} – попередня проектна відмітка;

i – ухил елемента;

b – відстань між відмітками.

Для всіх проектних відміток підраховують робочі відмітки:

$$h_p = H_n - H_z, \quad (3.11)$$

де H_z – відмітка землі.

Після виконання робіт із проектування плану й поздовжнього профілю першої ділянки (2-3 км) у такому самому порядку роблять трасування наступних ділянок.

3.4. Розміщення роздільних пунктів

Залізниці дуже рідко проектують і будують відразу двоколійними. У зв'язку з цим для організації руху поїздів в обох напрямках необхідно розташувати роздільні пункти таким чином,

щоб забезпечити необхідну розрахункову пропускну спроможність n_p , яка визначається за формулою

$$n_p = (n_{zp} + \varepsilon_n n_n + \varepsilon_z n_z + \varepsilon_y n_y - n_z - n_y) \frac{1}{\gamma}, \quad (3.12)$$

де n_{zp} , n_n , n_z , n_y – кількість пар відповідно вантажних, пасажирських, збірних і прискорених поїздів, які визначаються згідно з завданням;

ε_n , ε_z , ε_y – коефіцієнти зняття вантажних поїздів відповідно пасажирськими, збірними й прискореними поїздами, приймаємо за табл. 3.3;

γ – коефіцієнт резерву пропускну спроможності, приймається для одноколіїної залізниці 0,85.

Таблиця 3.3

Лінія	Пристрої СЦБ	Коефіцієнт зняття		
		ε_n	ε_z	ε_y
Одноколіїна	Напівавтоматичне блокування	1,1÷1,6	1,7÷2,0	1,2÷1,5
	Автоблокування	1,6÷2,1	1,0÷1,5	1,2÷1,6
Одноколіїна з двоколіїними вставками	Автоблокування	1,3÷1,6	1,5÷1,7	1,2
Двоколіїна	Автоблокування	1,7÷2,3	2,2÷3,0	1,3÷1,5

У курсовому проекті через малу довжину проектованої ділянки можна розмістити тільки осі роз'їздів. Вісь роздільного пункту має бути розташована там, де час ходу буде дорівнювати

$$t_p = \frac{1440}{n_p} - (\tau_1 + \tau_2 + t_{pв}), \quad (3.13)$$

де $\tau_1 + \tau_2$ – час на виконання станційних операцій зі схрещення поїздів, хв, визначається за табл. 3.4;

$t_{pв}$ – час на розгін і вповільнення поїздів при зупинках, хв, визначається за табл. 3.5.

Таблиця 3.4

Система регулювання руху поїздів	Система керування стрілками і сигналами	$\tau_1 + \tau_2$
Автоматичне блокування	Електрична сигналізація	1
	Диспетчерська сигналізація	3 ÷ 4
Напіваавтоматичне блокування	Ручна	8 ÷ 9
	Електрична сигналізація	4 ÷ 5

Таблиця 3.5

Маса состава, т	Значення t_{pv} , хв, при тязі	
	електричний	тепловозний
3000	2,8	3,4
4000	3,4	4,0
5000	4,0	4,6
6000	4,7	5,3

Для розрахунку положення осей роздільних пунктів необхідно методом сталих швидкостей визначити час ходу пари поїздів за запроєктованими елементами поздовжнього профілю, користуючись рівністю

$$t_p = \sum (t'_i + t''_i) l_i, \quad (3.14)$$

де $t'_i + t''_i$ – час проходження поїздом 1 км колії розглянутого елемента поздовжнього профілю в напрямку «туди» і «назад» при відомому керівному ухилі і типі локомотива, хв/км, визначають за дод. 3;

l_i – довжина розглянутого елемента поздовжнього профілю, км.

Підрахунок часу ходу поїзда зручно вести в табличній формі на зразок табл. 3.6.

Приведений ухил елемента поздовжнього профілю визначається з виразу

$$i_{np} = i_e + i_{ек}, \quad (3.15)$$

де I_e – ухил розглянутого елемента зі своїм знаком;

$I_{ек}$ – еквівалентний ухил, який визначається за формулами (2.13) – (2.15).

Таблиця 3.6

Номер елемента	Приведений ухил елемента		Довжина елементів профілю, км l_i	Час ходу на 1 км колії, хв/км			Час ходу по елементу в обидва боки $(t'_i + t''_i)l_i$	Сумарний час ходу $\sum (t'_i + t''_i)l_i$
	«туди» i_m	«назад» i_o		«туди», t'_i	«назад», t''_i	в обидва боки $t'_i + t''_i$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

У графі 9 табл. 3.6 одержуємо сумарний час ходу поїзда в обидва боки від початкової станції А до будь-якого запроектованого елемента профілю. Там, де сумарний час ходу досягає розрахункового, визначеного за формулою (3.13), необхідно розмістити вісь роздільного пункту.

Розрахувати ідеально час ходу поїзда по перегонах дуже складно і з першої спроби ніколи не вдається, необхідно виконати кілька ітерацій, щоб план і профіль роздільних пунктів відповідали нормам проектування роздільних пунктів.

3.5. Розміщення й вибір малих водопропускних споруд

До малих водопропускних споруд належать труби, мости довжиною до 25 м, лотки, дюкери, акведуки й фільтруючі насипи. Ці споруди розміщуються на перетинаннях залізницею постійно або періодично діючих водотоків. Водопропускні труби за формою перерізу поділяються на круглі (рис. 3.4, а) і прямокутні (рис. 3.4, б), також зустрічається невелика кількість овоїдальних труб.

На існуючих залізницях використовують такі типи труб: круглі залізобетонні діаметром від 1 до 2 м, круглі з гофрованого металу (проект металевих гофрованих труб передбачає труби діаметром 1,5; 2,0 і 3,0 м). У практиці залізничного будівництва застосовують труби отвором 1,5 м (рис. 3.5), прямокутні

залізобетонні отвором 1,0, 2,0, 2,5, 3,0, 4,0 м, бетонні отвором від 1,5 до 6,0 м. (Отвір споруди – найбільша ширина його перерізу (значення b на рис. 3.4 а, б), при трапецеїдальному підмостовому перерізі отвір мосту розраховують у розрахунковому рівні води.)

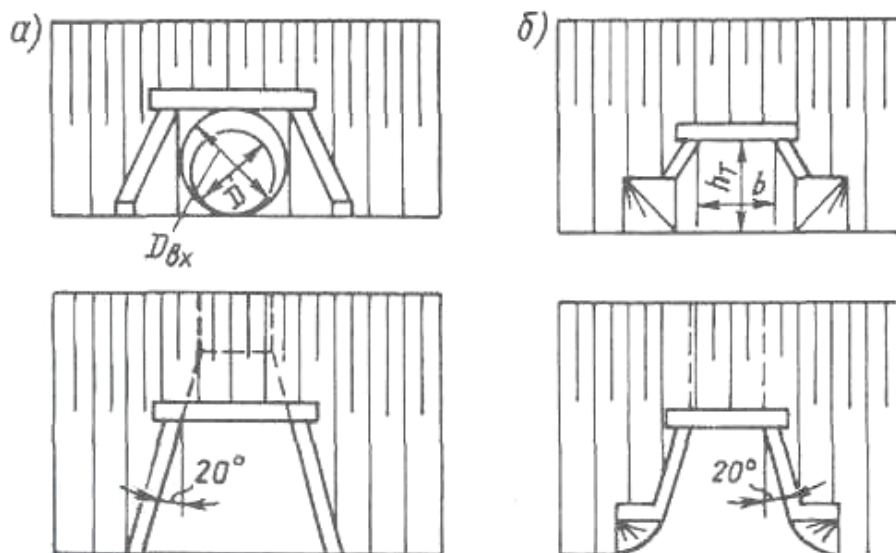


Рис. 3.4. Типи залізобетонних і бетонних труб (фасад і план): а – кругла з конічним і розтрубним оголовком; б – прямокутна з розтрубним оголовком зі зворотними стінками

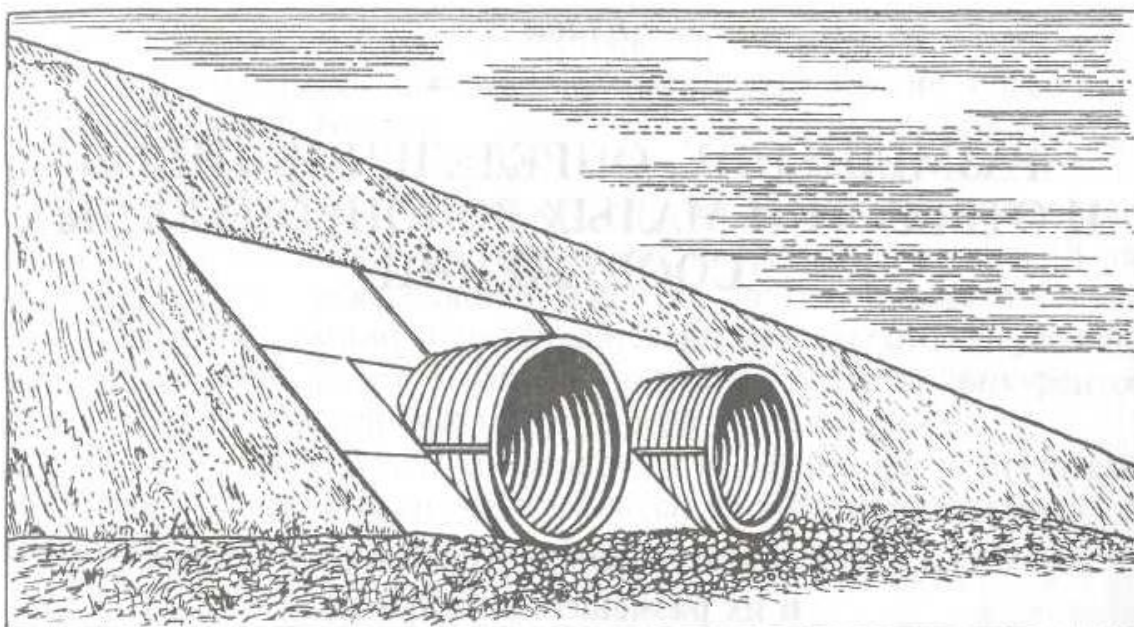


Рис. 3.5. Металева гофрована труба (двоочкова)

Малі мости залежно від форми підмостового перерізу поділяються на два типи: із прямокутним перерізом (рис. 3.6, а, б)

і трапецеїдальним (рис. 3.6, в). При будівництві нових залізниць найчастіше застосовують збірні пальово- і стояково-естакадні залізобетонні мости (рис. 3.6, в).

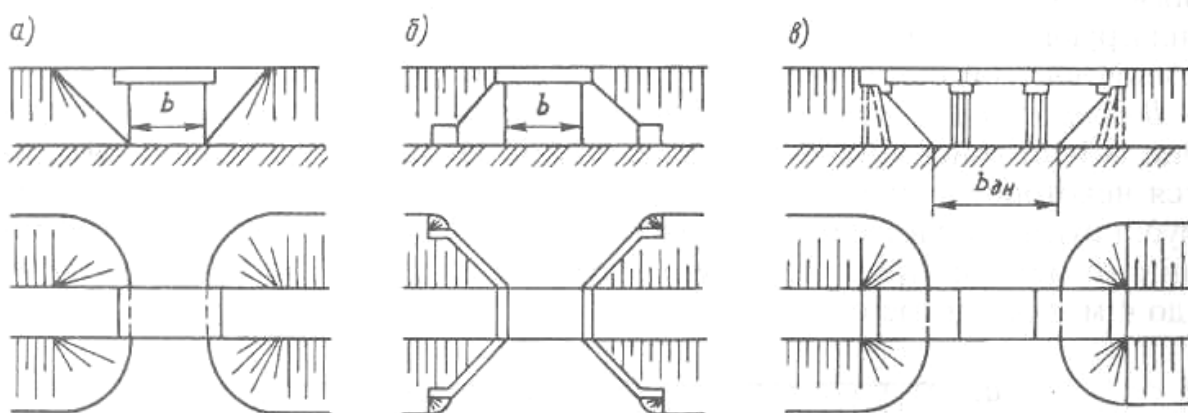


Рис. 3.6. Типи малих мостів: а – з масивними стояками; б – з укісними крилами; в – естакадний з обсипними конусами

Лотки закриті й відкриті, прямокутного перерізу отвором 0,50–0,75 м, переважно з залізобетону, улаштовують між шпалами для пропускання невеликої кількості води при висоті насипу менше 1 м, недостатній для улаштування труби.

Розміщення водопропускних споруд. Вода, яка тече до залізниці, має бути відведена від земляного полотна поздовжнім або поперечним водовідводом. Для поперечного водовідведення через земляне полотно необхідно передбачати водопропускні споруди. При камеральному трасуванні місця розміщення водопропускних споруд визначаються під час складання поздовжнього профілю з докладним планом траси. На поздовжньому профілі місця розміщення водопропускних споруд визначаються пониженням місцевості, де є водотоки (точки 1-5 на рис. 3.7).

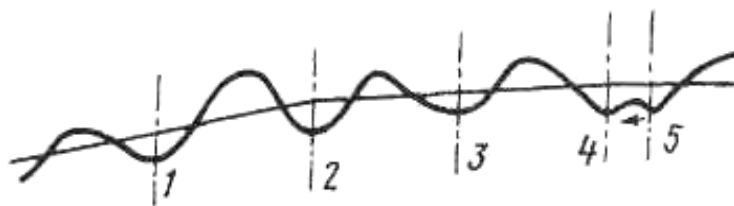


Рис. 3.7. Положення водопропускних споруд на поздовжньому профілі траси

Пропускання води від близько розташованих один від одного водотоків (водотоки 4 і 5 на рис. 3.7) через одну споруду має бути обґрунтоване відповідними розрахунками, які враховують витрати на спорудження і утримання водовідвідної канави. За наявності вічномерзлих ґрунтів, льосоподібних ґрунтів селевого стоку і можливості утворення намерзлого льоду такі рішення не допускаються.

Територія, з якої атмосферні опади стікають до водопропускної споруди, називається *водозбором* або *басейном* споруди. Водозбір розташований з верхового боку від траси і обмежений по периметру лініями вододілів і полотном залізниці (рис. 3.8). Лінія, що з'єднує найнижчі точки водозбору, називається *улоговиною* або *руслом*. Бічні поверхні, обмежені вододілом і руслом, називаються *схилами* водозбору.

Для вибору типу і отвору водопропускної споруди необхідно насамперед розрахувати стік з водозбору з урахуванням вимог [6, 7].

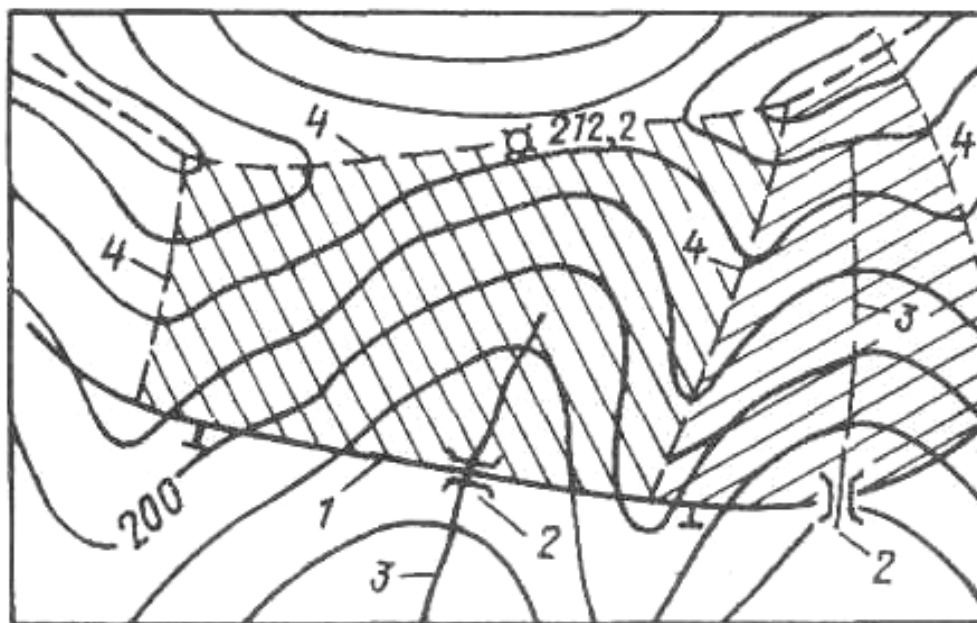


Рис. 3.8. Водозбори на карті в горизонталях: 1 – траса залізниці; 2 – водопропускні споруди; 3 – русло; 4 – водорозділи

Максимальні витрати стоку дощових паводків Q з імовірністю перевищення 1% для водозборів з піщаними й супіщаними ґрунтами визначають за номограмою (рис. 3.9)

залежно від площі A водозбору й ухилу I головного русла водозбору для кожного з десяти зливових районів, встановлених по карті-схемі (рис. 3.10), і п'яти груп кліматичних районів, які визначаються за табл. 3.7.

Для визначення витрат інших імовірностей перевищення і у випадку ґрунтів водозбору, відмінних від піщаних, витрати $Q_{ном}$, отримані за номограмою, помножуємо на поправковий коефіцієнт k_L (табл. 3.8).

Визначивши максимальні витрати стоку, за таблицями дод. 4 підбирають штучні споруди.

Усі розрахунки за даним розділом ведуть у табличній формі (табл. 3.9).

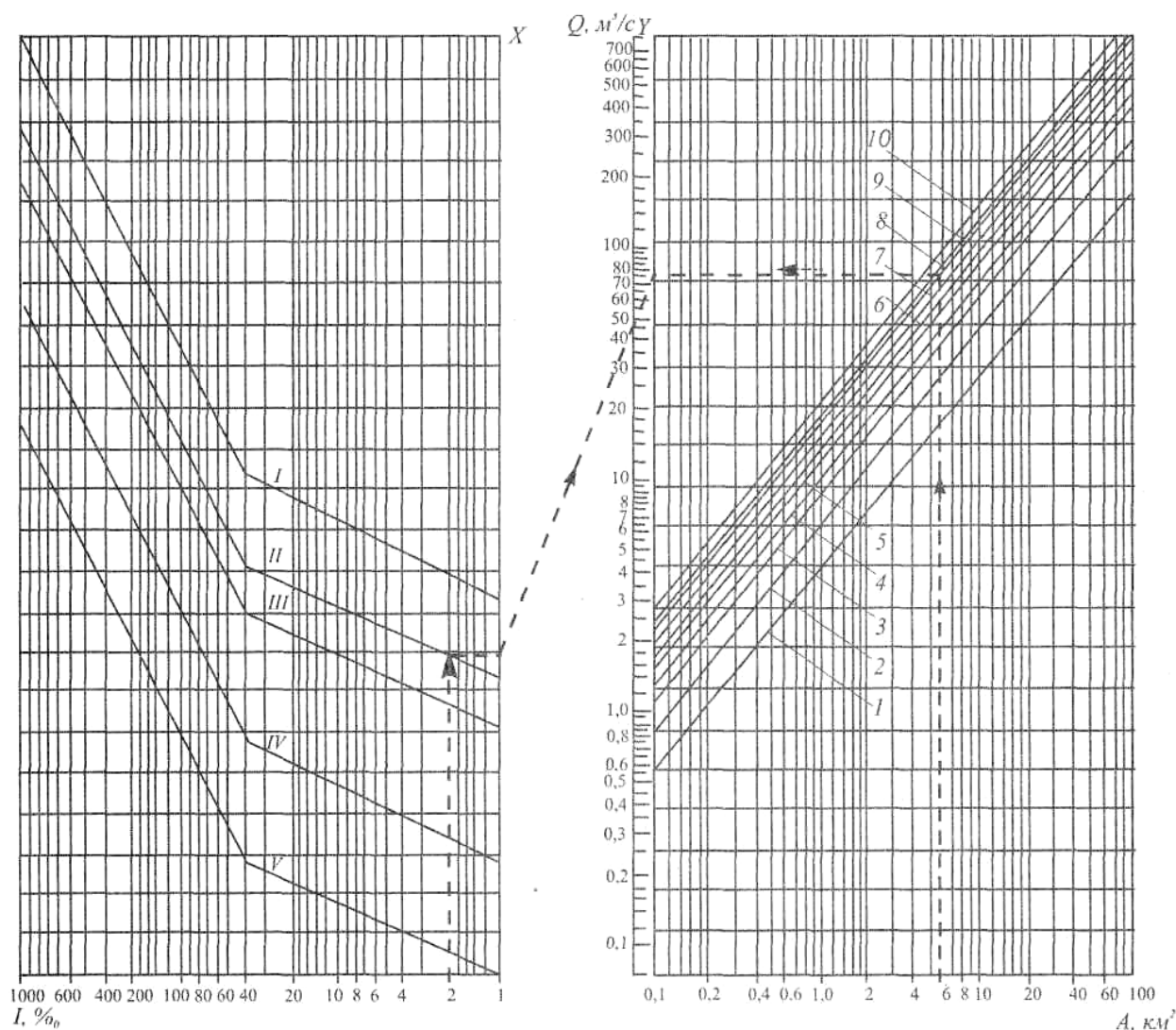


Рис. 3.9. Номограма для визначення витрат дощових паводків імовірності перевищення 1 % при піщаних і супіщаних ґрунтах: 1-10 – номери зливових районів; I-V – групи кліматичних районів

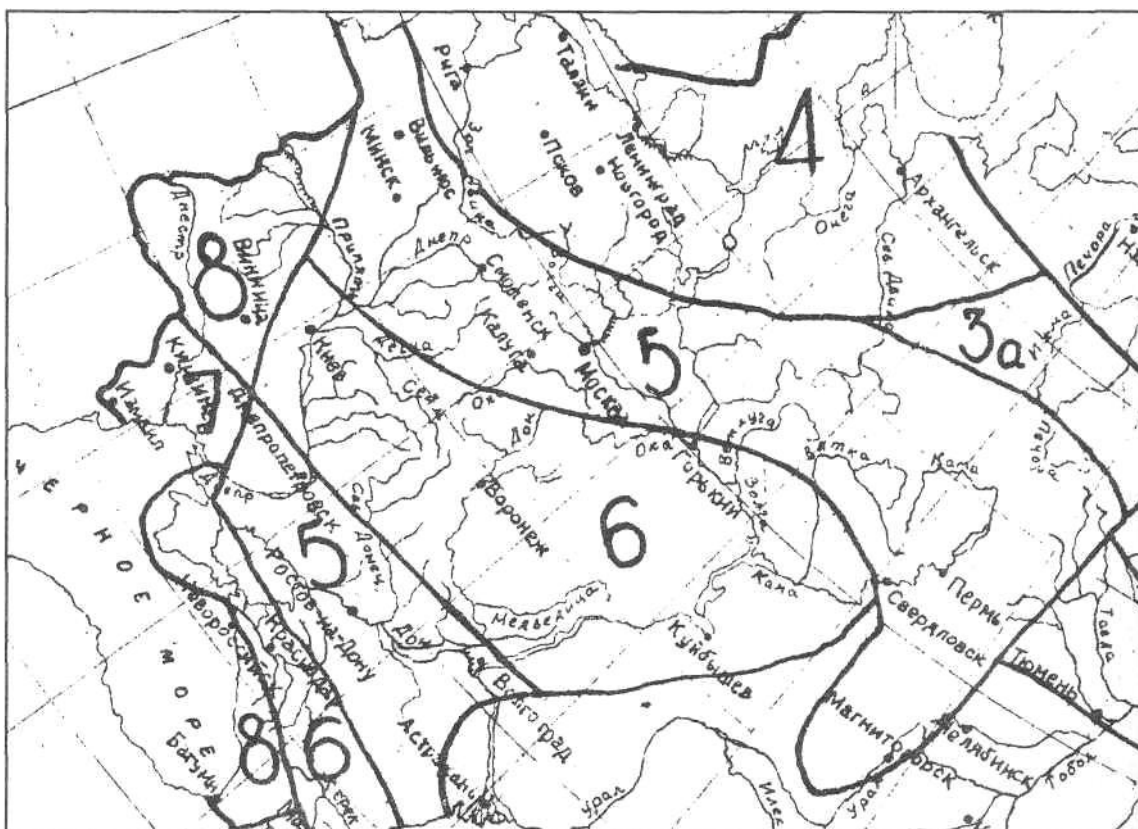


Рис. 3.10. Карта-схема районів дощових паводків (зливових районів)

Таблиця 3.7

Група кліматичного району	Номер району дощових паводків (зливових районів)
I	10
II	7, 8, 9
III	5, 6
IV	3а, 4
V	1, 2, 3

Таблиця 3.8

Імовірність перевищення витрат, %	Величина коефіцієнта $k_{л}$ при ґрунтах басейну		
	Глинисті й суглинні	Піщані й супіщані	Пухкі (осипи)
0,33	1,46	1,39	1,32
1	1,05	1,00	0,96
2	0,88	0,84	0,80

Таблиця 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер з/п	Розташування штучних споруд, ПК+	Площа басейну A , км ²	Довжина русла L , м	Ухил лога $I = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$	Витраги стоку Q , м ³ /с	Тип штучної споруди	Мінімальна висота насипу, м	Проектна висота насипу, м

Приклад користування номограмою

Потрібно визначити максимальні зливові витрати 1% імовірності перевищення для розташованого у Вінницькій області басейну площею $A=6,0$ км², який має ухил русла $I=2$ ‰; ґрунти басейну - суглинки.

Відповідно до карти-схеми на рис. 3.10 встановлюється номер зливового району, а за табл. 3.7 – номер групи кліматичного району. Вінницькій області відповідає зливовий район № 8 і група кліматичних районів II. На шкалі номограми (рис. 3.9) знаходимо точку, що відповідає ухилу головного русла $I=2$ ‰. Через цю точку проводимо вертикаль до перетинання з лінією, що відповідає номеру групи кліматичних районів II. Через отриману точку проводимо горизонтальну пряму до перетинання зі шкалою x . Далі на шкалі A знаходимо точку, що відповідає площі басейну $A=6,0$ км², і через неї проводимо вертикальну пряму до перетинання з лінією зливового району № 8. Через отриману точку проводимо горизонтальну пряму до перетинання зі шкалою y .

З'єднуємо прямою отримані точки на шкалах x і y і в місці перетинання зі шкалою Q , знаходимо витрати $Q_{\text{ном}}=45,0$ м³/с. Ці витрати мають імовірність перевищення $P=1$ % і відповідають піщаним і супіщаним ґрунтам.

Для суглинних ґрунтів при $P=1$ % знаходимо за табл. 3.8 поправковий коефіцієнт $k_{\text{л}}=1,05$.

Шукані витрати дорівнюють
 $Q=Q_{\text{ном}} \cdot k_{\text{л}}=45,0 \cdot 1,05=47,3$ м³/с.

Контрольні питання для самопідготовки за розділом 3

1. Фактори, що впливають на напрямок траси. Виявлення можливих варіантів напрямку траси, що підлягають розробленню і техніко-економічному порівнянню.
2. Виявлення та оцінювання можливих напрямків для трасування залізниці.
3. Фактори, що визначають вибір напрямку залізничної лінії. Геодезична лінія. Опорні пункти траси. Контурні й висотні перешкоди. Фіксовані точки.
4. Класифікація трасувальних ходів.
5. Основні принципи й правила трасування вільних ходів.
6. Основні принципи й правила трасування напружених ходів.
7. Основні принципи й техніка камерального трасування.
8. Побудова плану лінії.
9. Побудова проектної лінії.
10. Вибір типів малих водопропускних споруд.
11. Типи й принципи розміщення малих водопропускних споруд по трасі та визначення границь їхніх басейнів.
12. Вибір типу й величини отвору малих мостів.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗАЛІЗНИЦЬ

Для порівняння варіантів при проектуванні залізниць необхідно спочатку визначити будівельну вартість і експлуатаційні витрати для кожного з варіантів.

4.1. Визначення будівельної вартості

Загальну будівельну вартість ділянки залізниці можна визначити за формулою

$$K = 1,4(K_{зр} + K_{ис} + K_{вб} + K_{лін} + K_{рп}), \quad (4.1)$$

де $K_{зр}$ – вартість робіт зі спорудження земляного полотна;

$K_{ис}$ – вартість штучних споруд;

$K_{вб}$ – вартість верхньої будови колії на перегоні;

$K_{лін}$ – вартість споруд, пропорційних довжині лінії;

$K_{рп}$ – вартість роздільних пунктів;

1,4 – коефіцієнт, який враховує вартість тимчасових споруд.

Вартість робіт зі спорудження земляного полотна визначаємо за формулою

$$K_{зр} = Q_{зр} \cdot a_{зр}, \quad (4.2)$$

де $Q_{зр}$ – об'єм земляних робіт, м³;

$a_{зр}$ – вартість 1 м³ земляного полотна, приймається залежно від категорії трудомісткості будівництва (табл. 4.1).

Для скельних ґрунтів значення $a_{зр}$ збільшують в 1,8 рази.

Таблиця 4.1

Категорія трудомісткості будівництва	I	II	III	IV
$a_{зр}$, грн	28,1÷31,4	33,06÷36,36	38,01÷41,32	42,98÷46,28

$$Q_{зр} = 1,15Q_{np} + Q_{pn}, \quad (4.3)$$

де Q_{np} – профільний об’єм земляного полотна головної колії, м³;
 Q_{pn} – профільний об’єм земляного полотна в межах роздільного пункту.

$$Q_{np} = Q_n + Q_v, \quad (4.4)$$

де Q_n , Q_v – об’єм масивів насипів і виїмок.

Профільний об’єм (об’єм насипів і виїмок) визначають залежно від ширини основної площадки земляного полотна й середньої відмітки масиву за дод. 5. Довжину масиву й середню робочу відмітку визначають за поздовжнім профілем.

Розрахунки профільних об’ємів земляного полотна головної колії ведуть у табличній формі (табл. 4.2).

У межах кожного роздільного пункту профільний об’єм земляного полотна, визначаємо за формулою

$$Q_{pn} = 5,3 \cdot n \sum hl_{cm}, \quad (4.5)$$

де n – кількість приймально-відправних колій роздільного пункту;

5,3 – ширина міжколійя на роздільному пункті, м;

h – робоча відмітка, м;

l_{cm} – довжина станційної площадки, км.

Таблиця 4.2

Номер масиву	Границі масиву		Вид земляного полотна (насип Н, виїмка В)	Середня робоча відмітка h , м	Кілометровий об’єм, м ³ /км	Довжина масиву l , км	Обсяг масиву $Q_{н(в)}$, м ³
	ПК+ початку	ПК+ кінця					

Вартість штучних споруд визначаємо за формулою

$$K_{ис} = K_{тр} + K_m + K_t, \quad (4.6)$$

де $K_{тр}$ – вартість робіт зі спорудження водопропускних труб;

K_m – вартість робіт зі спорудження мостів;

K_t – вартість робіт зі спорудження тунелів.

Вартість верхньої будови колії визначаємо за формулою

$$K_{вбк} = k_{вбк} \cdot l, \quad (4.7)$$

де $k_{вбк}$ – вартість 1 км верхньої будови колії;

l – довжина перегону, км.

Вартість споруд, пропорційних довжині лінії, визначаємо за формулою

$$K_{лин} = (K_{нт} + K_{зв} + K_{ег} + K_{ж}) \cdot l, \quad (4.8)$$

де $K_{нт}$ – вартість підготовки території будівництва;

$K_{зв}$ – вартість пристроїв зв'язку і СЦБ;

$K_{ег}$ – вартість пристроїв енергетичного господарства;

$K_{ж}$ – вартість будинків житлово-цивільного призначення;

l – довжина перегону.

Вартість роздільних пунктів

$$K_{рп} = \sum k_{рп} \cdot n_{рп}, \quad (4.9)$$

де $k_{рп}$ – вартість одного роздільного пункту даного типу;

$n_{рп}$ – кількість роздільних пунктів того самого типу.

Значення $K_{тр}$, K_m , K_t , $k_{вбк}$, $K_{нт}$, $K_{зв}$, $K_{ег}$, $K_{ж}$, $k_{рп}$ визначаємо за табл. дод. 6.

4.2. Розрахунки експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати визначаємо з виразу

$$C = C_{py} + C_{зуп} + C_{тп}, \quad (4.10)$$

де C_{py} – витрати, пов'язані з рухом поїздів;

$C_{зуп}$ – витрати, пов'язані з зупинками поїздів;

$C_{тп}$ – витрати на утримання постійних пристроїв.

Витрати, пов'язані з рухом поїздів, C_{py} обчислюють у такому порядку:

1. Визначаємо кількість вантажних поїздів у напрямку з більшим вантажопотоком («туди»):

$$N_{B(T)} = \frac{\Gamma_T \cdot 10^6}{\eta \cdot Q}, \quad (4.11)$$

у протилежному напрямку («назад»)

$$N_{B(H)} = \frac{10^6}{Q} [\Gamma_H + \Gamma_T \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)], \quad (4.12)$$

де Γ_T , Γ_H – потрібна провізна спроможність відповідно «туди» і «назад», млн т/р.;

η – коефіцієнт переходу від маси бруто до маси нетто, визначений за формулою (2.25);

Q – маса состава, т, визначена за формулою (2.19).

2. Визначаємо кількість приведених поїздів по напрямках:

$$N_T = N_{B(T)} + 365 \cdot \mu \cdot n_{nc}, \quad (4.13)$$

$$N_H = N_{B(H)} + 365 \cdot \mu \cdot n_{nc}, \quad (4.14)$$

де n_{nc} – кількість пасажирських поїздів за добу;

μ – коефіцієнт приведення пасажирських поїздів до вантажних,

$$\mu = 0,2 + 1,75 \cdot \frac{Q_{nc}}{Q}, \quad (4.15)$$

де Q_{nc} – маса пасажирського поїзда, $Q_{nc}=(800-1200)$ т.

3. Визначаємо витрати C_{py} , пов'язані з рухом одного поїзда за напрямками «туди», «назад». У курсовому проекті витрати C_{py} , грн, розраховують за показниками траси

$$c_{py}^{(T,H)} = C_{нк}^{(o)} L + A(H + 0,012 \sum \alpha) + B(H_c - 0,012 \sum \alpha_c) - B - L_c, \quad (4.16)$$

де $C_{нк}^{(o)}$, A , B , V – норми витрат, які визначаються за дод. 7;

H – алгебраїчна різниця відміток кінцевої й початкової точок траси, м;

$\sum \alpha$ – сума кутів повороту всіх кривих на трасі, град;

H_c – арифметична сума висот гальмівних ділянок спусків, м, які мають крутість більшу, ніж гранично нешкідливий ухил, $i_{побв}=3$ ‰;

$\sum \alpha_c$ – сума кутів повороту кривих у межах гальмівних спусків;

L_c – сума довжин гальмівних спусків, км.

Негальмівні ділянки спусків визначають за табл. 4.3.

Таблица 4.3

Висота негальмівної частини спусків, м

Ухил профілю i на підході до початку спуску з ухилом крутіше гранично нешкідливого	Максимально припустима швидкість,			
	80		100	
	Електрична тяга	Тепловозна тяга	Електрична тяга	Тепловозна тяга
$i_p > i > 0,5i_p$	23	14	38	29
$0,5i_p > i > 0$	17	9	32	24
$i=0$	7	5	17	14

4. Визначаємо річні експлуатаційні витрати, пов'язані з рухом поїздів:

$$C_{py} = c_{py}^T N_T + c_{py}^H N_H. \quad (4.17)$$

Витрати, пов'язані з зупинками поїздів, $C_{зуп}$ обчислюємо як частку витрат, пов'язаних з рухом поїздів:

$$C_{зуп} = C_{py} (k_{pz} + k_{np}). \quad (4.18)$$

Коефіцієнти k_{pz} і k_{np} , які враховують відповідно витрати на розгін, сповільнення й простій поїздів, визначаємо за табл. 4.4.

Витрати на утримання постійних пристроїв визначаємо за формулою

$$C_m = \sum n_i k_i + L k_l, \quad (4.19)$$

де k_i – витрати на утримання 1-го роздільного пункту i -го типу (дод. 8);

k_l – витрати на утримання 1 км пристроїв, пропорційних довжині лінії (дод. 8);

n_i – кількість роздільних пунктів i -го типу.

Таблиця 4.4

Кількість вантажних поїздів за добу «туди» і «назад»			Кількість вантажних поїздів за добу «туди» і «назад»		
	k_{pz}	k_{np}		k_{pz}	k_{np}
10	0,06	0,10	30	0,12	0,14
15	0,09	0,12	40	0,13	0,14
20	0,11	0,13	60	0,14	0,15
25	0,13	0,14	80	0,06	0,10
			100	0,08	0,12

4.3. Порівняння варіантів

4.3.1. Характеристика варіантів. Показники для їх оцінювання

При проектуванні різних споруд, як правило, розробляють кілька варіантів рішення даного проектного завдання й найкращий з них вибирають на підставі техніко-економічного порівняння.

При проектуванні залізниць розрізняють *основні* і *місцеві* варіанти. До *основних* належать варіанти суттєво різного напрямку траси, різних значень керівного ухилу, корисної довжини приймально-відправних колій на перспективу, різних рішень при перетинанні значних водних перешкод: мостовий перехід або тунельно-підводне перетинання.

До *місцевих* належать варіанти різного положення траси на окремих ділянках: напіввиїмка на косогорі або притуленому насипі біля підніжжя косогору, більша або менша глибина виїмки на вододілі, різні радіуси кривої в плані траси, варіанти типів малих водопропускних споруд.

Необхідною умовою, якій повинні відповідати порівнювані варіанти, є рівноцінність їх щодо вирішення поставлених перед проектом завдань і в першу чергу забезпечення розрахункових розмірів вантажних і пасажирських перевезень при абсолютній безпеці руху поїздів. Крім того, всі варіанти мають відповідати діючим будівельним нормам і бути однаковою мірою обстежені й технічно опрацьовані.

При порівнянні варіантів залізниць, що проектуються, використовують *вартісні* (грошові) і *натуральні* показники. До *вартісних* показників відносять капіталовкладення (будівельну вартість і вартість рухомого состава), експлуатаційні витрати й доходи від перевезень. *Натуральними* показниками можуть бути будівельні (потреба в будівельних кадрах, машинах, матеріалах; можливість використання для будівництва існуючої індустріальної бази й місцевих будівельних матеріалів; довжина ділянок, несприятливих в інженерно-геологічному відношенні; кількість і довжина особливо складних споруд, включаючи бар'єрні місця; енергоємність будівництва; строки будівництва); експлуатаційні (потреба в експлуатаційних кадрах, електроенергії

(паливі) для перевізного процесу, строки доставки вантажів і пасажирів); показники, що характеризують рівень впливу залізниці на навколишнє середовище при будівництві й експлуатації (цінність відчужуваної території, вплив на гідросферу, атмосферу, тваринний і рослинний світ); соціальні (ступінь задоволення транспортних потреб населення в районі проходження залізниці, зміни кількості робочих місць у регіоні, житлові й культурно-побутові умови будівельників залізниці та експлуатаційників).

Основні варіанти залізниці, що проектується, можуть розрізнятися за більшістю зазначених показників, місцеві варіанти в більшості випадків розрізняються лише за вартісними показниками.

Показники ефективності капітальних вкладень почали використовуватися у світовій практиці вже понад сто років тому.

4.3.2. Умови й показники порівняння варіантів інвестиційних проектів

Якість інвестиційного проекту, який приймається для реалізації, значною мірою залежить від повноти розгляду різних варіантів цього проекту. Варіюванням можна домогтися зменшення первісних капітальних витрат, вартості будівельно-монтажних робіт, скорочення строків будівництва, зниження матеріальних і трудових ресурсів, зменшення шкідливої дії на навколишнє середовище, зниження поточних витрат виробництва, поліпшення соціального забезпечення працівників.

Розроблення варіантів і їх порівняння є одним з найважливіших етапів формування якісного інвестиційного проекту, що має потребу у високій кваліфікації виконання й творчому підході до вирішення поставленого перед ним завдання.

Варіанти, які порівнюються, мають відповідати умовам порівняння й аналізу за допомогою даної системи показників якості інвестиційних проектів.

Вихідна інформаційна база, точність і методи визначення як вартісних, так і натуральних показників варіантів, які порівнюються, мають бути однаковими.

Темпи інфляції для однойменних ресурсів повинні прийматися для всіх варіантів однаковими.

Показники вибору інвестиційних рішень мають бути однаковими для всіх варіантів, які порівнюються, і охоплювати всю сукупність економічних, соціальних, екологічних (а якщо буде потреба, політичних і оборонних) факторів, які розрізняються у варіантах.

Варіанти інвестицій повинні мати однакове маркетингове опрацювання, однаковий підхід до оцінювання ризику інвестиційних внесків і невизначеності вихідної інформації. Всі варіанти, які порівнюються, повинні мати однакову деталізацію. Зважаючи на те, що розроблення кожного з варіантів має потребу у виконанні значних обсягів розрахунково-графічних робіт, визначення найбільш раціонального рішення здійснюється методом послідовного наближення до найкращого варіанта. Цей метод припускає порівняння на першому етапі інвестиційних варіантів без їхнього детального розроблення. При цьому методі широке застосування одержали збільшені техніко-економічні показники.

Після цього варіанти, які залишилися, детальніше порівнюють при більш ретельному їхньому опрацюванні. Після цього приймається остаточне рішення. Такий підхід забезпечує зниження трудових витрат, але не гарантує вибору найбільш раціонального варіанта, що в загальному випадку призводить до зниження ефективності інвестицій. Опираючись на це, удосконалення методів порівняння варіантів є найважливішим завданням у сфері розроблення інвестиційних проектів.

4.3.3. Порівняння варіантів за вартісними показниками

У нашій країні протягом тривалого часу діяла методика розрахунків ефективності інвестиційних проектів з використанням суми приведених будівельно-експлуатаційних витрат, які служили для оцінювання варіантів трас залізниць за умови забезпечення заданих вантажопотоків, що ніяк не стимулювало нарощування обсягів перевезень, тому що зазначена сума не включала в себе доходи від перевізної роботи. Починаючи з 1996 р. цей критерій поступово замінювався ринковим – «чистий дисконтований дохід» (інші назви – ЧДД, інтегральний ефект, Net Present Value, NPV), що враховує не тільки витрати – інвестиції, необхідні для реалізації проекту, але й результати його

здійснення у вигляді сумарного конкретного за розрахунковий період дисконтованого економічного ефекту.

Інтегральний ефект із урахуванням лінійного характеру зміни економічних результатів, у варіантах, які аналізуються, буде

$$E_{int} = \frac{R_t}{E} - K, \quad (4.20)$$

де R_t – економічний результат на 10-й рік ($t=10$) експлуатації залізничної колії;

K – капіталовкладення, млрд грн;

E – норма дисконту, $E=0,1$.

Оскільки інвестиції держбюджетні, то оподаткування не враховується. У зв'язку з цим формула (4.20) набуде вигляду

$$E_{int} = [G_{10} l (1 + \gamma) \delta - C_{10} + E_{пз}] \frac{1}{E} - Kl, \quad (4.21)$$

де G_{10} – розрахункова вантажонапруженість нетто у вантажному напрямку на 10-ий рік експлуатації;

l – довжина траси, км;

γ – коефіцієнт нерівномірності вантажних перевезень;

δ – дохідна ставка, грн/ткм, задається національним банком на поточний рік;

C_{10} – експлуатаційні витрати на 10-ий рік експлуатації, млрд грн;

$E_{пз}$ – позатранспортний ефект, млрд грн.

Експлуатаційні витрати – це витрати на 10-й рік експлуатації (на конкретний горизонт порівняння), необхідні для безпечного руху поїздів, які визначаються в підрозд. 4.2.

Капітальні вкладення – це витрати, необхідні для будівництва ділянки залізниці, які визначаються у підрозд. 4.1.

Позатранспортний ефект – це прибуток, отриманий від перевезення вантажів залізничним транспортом, який розраховується за формулою

$$E_{пз} = l(kC_A - C_3)G_{10}, \quad (4.22)$$

де G_{10} – розрахункова вантажна напруженість нетто у вантажному напрямку на 10-ий рік експлуатації;

l – довжина траси, км;

k – коефіцієнт приведення 1 км залізниці до 1 км автомобільної дороги, приймається залежно від місцевості (для західних регіонів $k=1,02$, для центральних регіонів $k=1,12$, для північних регіонів $k=0,95$, для східних регіонів $k=1,17$, для південних регіонів $k=1,1$);

C_A – вартість перевезення 1 т вантажу автомобільним транспортом на 1 км колії, $C_A=1,02$ грн/ткм*;

C_3 – вартість перевезення 1 т вантажу залізничним транспортом на 1 км колії, $C_3=0,22$ грн/ткм*.

* Примітка. Коефіцієнти C_A , C_3 розраховують з умови перевезення 60 т вантажу на відстань 1000 км, за цінами, діючими на 2009 р.

При порівнянні альтернативних проектів, як правило, віддають перевагу варіанту з найбільшим додатним значенням інтегрального ефекту (рис. 4.1).

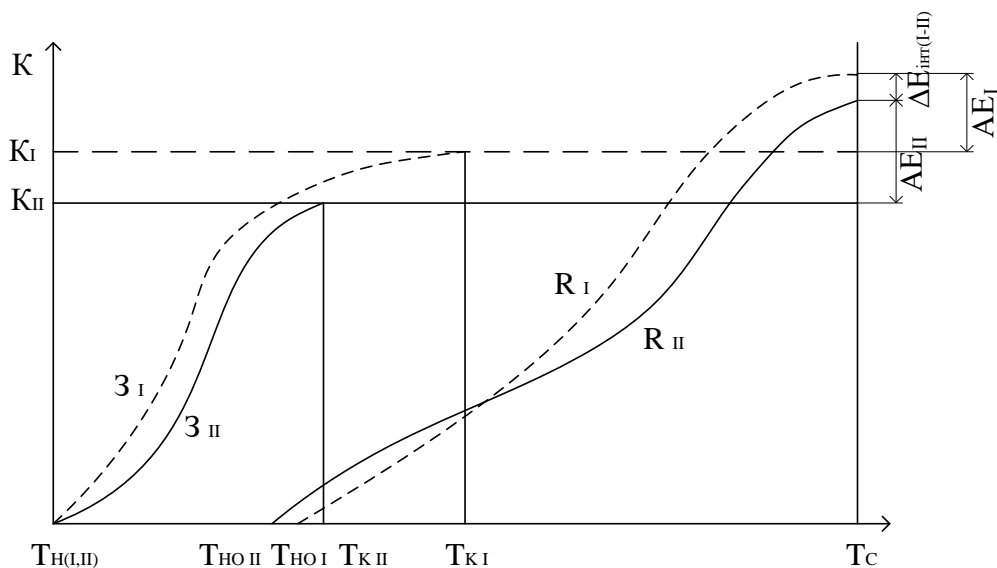


Рис. 4.1. Зміни витрат і результатів за I і II варіантами (Z , Z_{II} , R_I , R_{II}):

K_I і K_{II} – капітальні вкладення; $T_{H(I,II)}$ – момент початку будівництва; T_{KI} і T_{KII} – моменти закінчення будівництва; T_C – горизонт порівняння варіантів і оцінювання абсолютної й порівняльної ефективності; $\Delta E_{int}(I-II)$ – порівняльний економічний ефект від зіставлення варіантів; ΔE_I і ΔE_{II} – значення абсолютного ефекту за варіантами; T_{NOI} і T_{NOII} – моменти початку окупності капітальних вкладень за варіантами

Приклад. Розглянемо використання інтегрального ефекту при порівнянні двох варіантів напрямку траси залізниці довжиною відповідно 200 і 250 км (рис. 4.2). Попередньо за кожним напрямком склалися схеми організації будівництва. На їхній основі визначався розмір капітальних вкладень у будівництво за варіантами. Показники за варіантами наведені в табл. 4.5. Оскільки розрахунок виконується на етапі формування інвестиційного задуму, і тривалість будівництва (за схемою організації будівництва) не перевищувала трьох років, ціни використовувалися базисні. Інвестиції виконувалися у вихідний рік. Результати за часом були постійними.

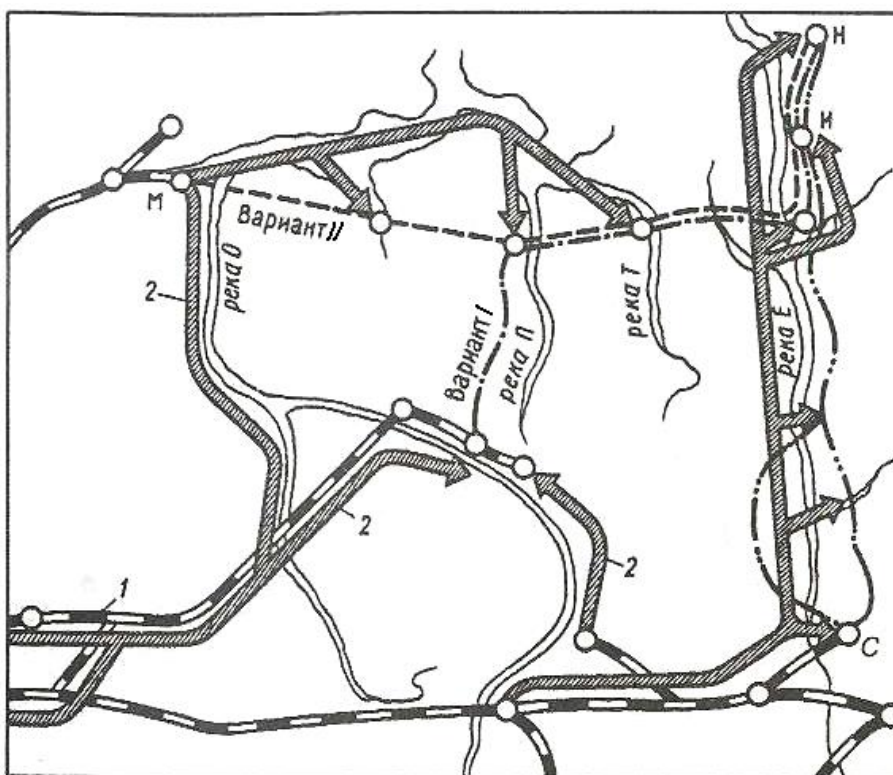


Рис. 4.2. Схема варіантів напрямків залізниць

Зважаючи на те, що інвестором виступає держава, критерієм вибору інвестиційного рішення має служити максимізація приросту національного прибутку й економія бюджетних коштів. Цій вимозі відповідає в даному випадку максимізація інтегрального ефекту при підрахуванні позатранспортного економічного результату. Розрахунок інтегрального ефекту для даного прикладу виконуємо за формулою (4.21).

Таблиця 4.5

Показник	Варіант	
	I	II
Довжина траси L , км	200	250
Керівний ухил i_p , ‰	12	9
Розрахункова вантажна вантажонапруженість нетто у вантажному напрямку, млн ткм/км: на 5-й рік експлуатації Γ_5 на 10-й рік експлуатації Γ_{10}	10 15	10 15
Дохідна ставка δ , грн/ткм	25	25
Позатранспортний ефект $E_{пз}$, млрд грн	45	39
Експлуатаційні витрати на 10-й рік експлуатації C_{10} , млрд. грн	82,5	92,5
Капітальні вкладення K , млрд грн/км	4,6	4,4
Коефіцієнт нерівномірності вантажних перевезень γ	0,8	0,8

Для варіанта I

$$E_{интI} = (15 \cdot 10^6 \cdot 200(1 + 0,8)25 - 82,5 \cdot 10^9 + 45 \cdot 10^9) / 0,1 - 4,6 \cdot 10^9 \cdot 200 = 60 \cdot 10^9 \text{ грн.}$$

Для варіанта II

$$E_{интII} = (15 \cdot 10^6 \cdot 250(1 + 0,8)25 - 92,5 \cdot 10^9 + 39 \cdot 10^9) / 0,1 - 4,4 \cdot 10^9 \cdot 250 = 52,5 \cdot 10^9 \text{ грн.}$$

Найбільший інтегральний ефект має варіант I напрямку траси, його і варто рекомендувати для подальшого розрахунку.

Контрольні питання для самопідготовки за розділом 4

1. Класифікація варіантів нових залізниць і показники їх порівняльного оцінювання.
2. Методи порівняння варіантів трас.
3. Визначення величини експлуатаційних витрат, пропорційних розмірам руху за показниками траси.

4. Визначення експлуатаційних витрат на утримання постійних пристроїв.
5. Визначення величини експлуатаційних витрат.
6. Визначення величини експлуатаційних витрат, пропорційних розмірам руху.
7. Визначення будівельної вартості.
8. Які фактори впливають на розрахунок інтегрального ефекту?
9. Що є горизонтом порівняння?
10. Від чого залежить позатранспортний ефект?
11. Що таке інтегральний ефект?

5. ПОБУДОВА КРИВОЇ ШВИДКОСТІ Й ЧАСУ ХОДУ

При побудові кривої швидкості і часу руху поїзда попередньо необхідно визначити значення допустимої швидкості руху на спусках (див. підрозд. 2.4) і випрямити профіль колії.

5.1. Випрямлення профілю колії

При випрямленні елементів поздовжнього профілю до групи поєднаних елементів не слід включати станційні площадки й ділянки з керівним ухилом. Спрямляти треба тільки близькі за крутістю елементи профілю одного знака.

Ухил ділянки, що випрямляється, i_c визначають за формулою

$$i_c = \frac{\sum i_i l_i}{\sum l_i}, \quad (5.1)$$

де i_i – ухил i -го елемента;

l_i – довжина i -го елемента,

$$l_i \leq \frac{2000}{i_c - i_i}. \quad (5.2)$$

Такій перевірці повинні бути піддані по черзі всі елементи, що входять до групи випрямлення. Якщо хоча б один з елементів не задовольняє вищенаведену умову, необхідно шукати іншу комбінацію елементів, що випрямляються. Остаточний ухил ділянки, що випрямляється, за наявності на ньому кривих визначається за формулою

$$i_{np} = \pm i_c + \omega_r. \quad (5.3)$$

5.2. Побудова кривої швидкості способом Липеца

Після випрямлення поздовжнього профілю й встановлення найбільшої допустимої швидкості руху поїзда на спусках за умовами гальмування приступають до побудови кривої швидкості.

Масштаби побудови такі:

- швидкості 1 км/год – 1 мм;
- сили 1 Н/кН – 6 мм;
- колії 1 км – 20 мм.

Побудову починають зі швидкості $V=0$ з інтервалами 10 км/год. Наприкінці кожного елемента профілю останній інтервал швидкості доводиться підбирати, тому що він, як правило, не є кратним 10.

Техніка побудови кривої швидкості ілюструється трьома послідовними рисунками (рис. 5.1).

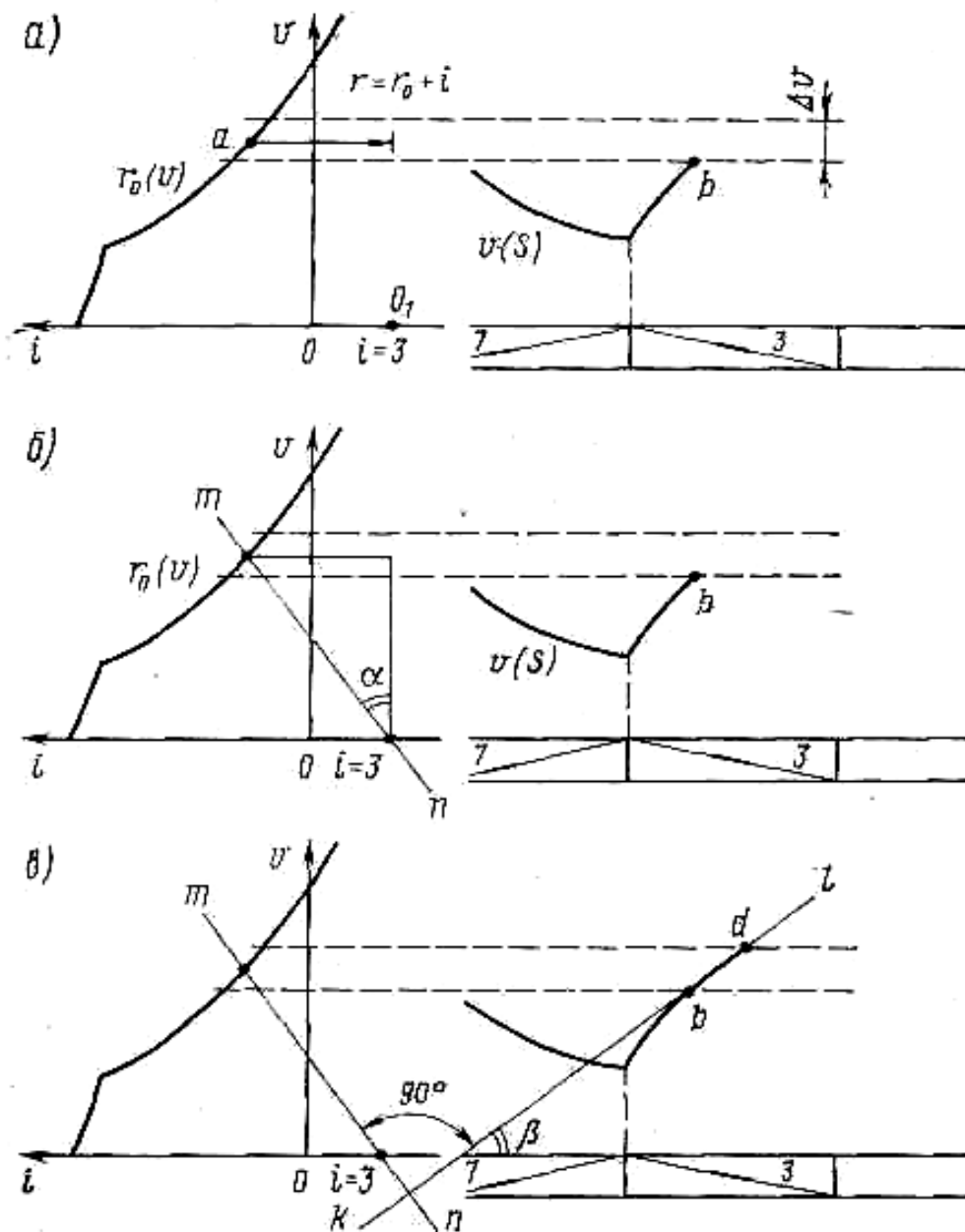


Рис. 5.1. Техніка побудови кривої швидкості методом Липеца

Оскільки швидкість руху поїзда збільшується, інтервал швидкості взятий у бік зростання. Знайдено точку a на діаграмі $r_0(v)$ (табл. 2.4), що відповідає середній швидкості в інтервалі. Обрано полюс побудови 0_1 відповідно до величини і знака ухилу, на якому перебуває поїзд. Зазначимо, що нема необхідності щоразу визначати величину рівнодійної, як це зроблено на рис. 5.1, а, – її значення фіксується автоматично при перенесенні полюса побудови вправо (спуски) або вліво (підйоми) на величину тисячних ухилу.

На рис. 5.1, б проведена пряма mn , що фіксує кут α . У практичних побудовах цю пряму не проводять — достатньо розташувати належним чином лінійку. На рис. 5.1, в проведено перпендикуляр kl до прямої mn і знайдено шукану чергову ланку bd кривої $V(S)$ у межах розглянутого інтервалу швидкості.

Початок побудови кривої $V(S)$, коли поїзд відправляється після зупинки на роздільному пункті, показано на рис. 5.2. Перші три інтервали, починаючи від $V=0$, побудовано, як вказувалося вище. Зазначимо, що відрізок кривої $V(S)$ має повністю перекривати черговий інтервал ΔV . Ця вимога виконувалася на перших трьох кроках побудови.

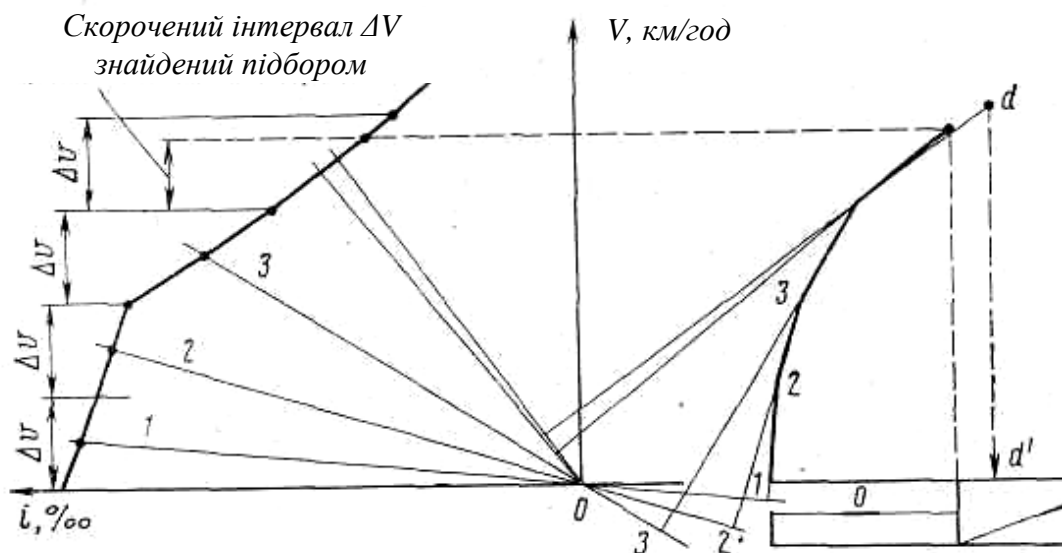


Рис. 5.2. Підбір інтервалу ΔV при переході з одного елемента профілю на інший

На четвертому кроці прагнення виконати це обов'язкове правило призводить до того, що проекція кінця інтервалу (точка d) виходить за межі першого елемента профілю й потрапляє на елемент із іншим ухилом (підйомом). Тому необхідно зменшити інтервал для того, щоб, перекриваючи його цілком при побудові кривої швидкості, домогтися того, щоб проекція точки d на вісь колії збіглася з кінцем елемента. Звичайно це вдається зробити після однієї-двох спроб.

5.3. Побудова кривої часу способом Лебедева

Для побудови кривої часу приймають такі масштаби:

- часу 1 хв – 10 мм;
- швидкості 1 км/год – 1 мм;
- колії 1 км – 20 мм.

Техніка побудови кривої $t(S)$ показана на рис. 5.3. Взявши інтервал ΔV за кривою швидкості, проектують його середину на допоміжну пряму (точка a_1) і проводять лінію 1-1 через початок координат 0. Перпендикуляр до лінії 1-1 у межах ΔS_1 є першою ланкою кривої часу.

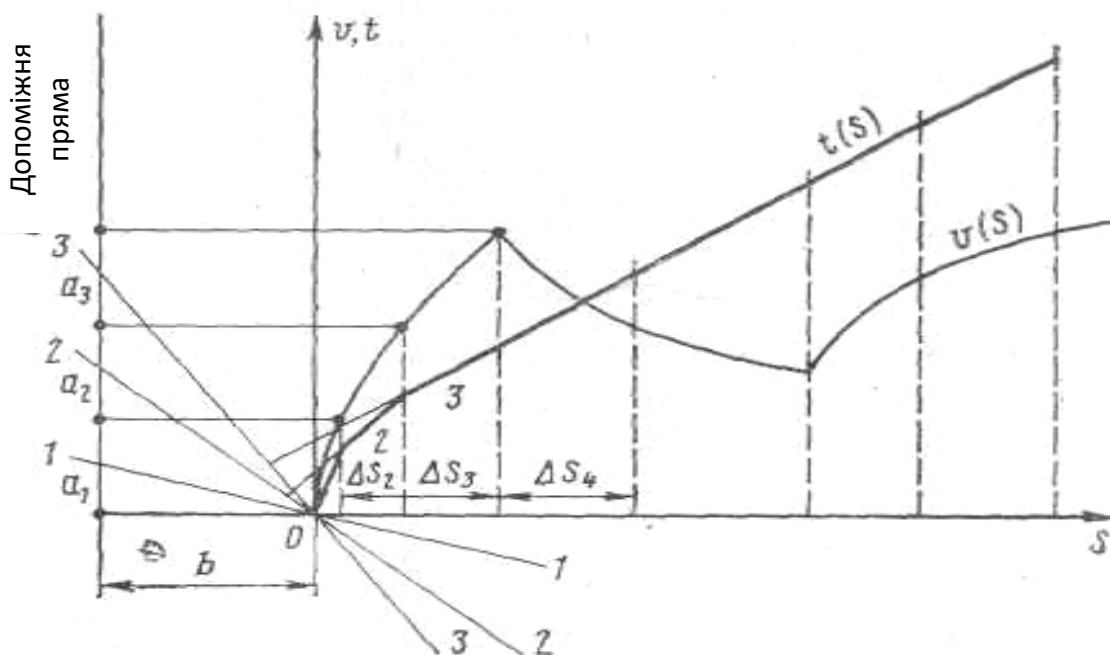


Рис. 5.3. Техніка побудови кривої часу методом Лебедева

Потім береться наступний інтервал (проекція середини на допоміжну пряму – точка a_2) і проводиться лінія 2-2, перпендикуляр до якої в межах ΔS_2 проводиться через точку кінця першої ланки, і т. д.

Криві $t(S)$ і $V(S)$ будуються на одному кресленні. Крива $t(S)$ монотонно зростає, у той час як крива $V(S)$ може зростати й спадати залежно від ухилів профілю ділянки.

Час ходу, який пройшов від моменту рушення поїзда до будь-якого іншого моменту, визначається в обраному масштабі ординатою кривої $t(S)$ в точці, що нас цікавить.

Якщо крива $t(S)$ наближається до верхньої рамки креслення, її обривають на зручному значенні ординати (краще кратному 10 хв) і, зробивши виноску цієї точки на вісь колії, продовжують з неї побудову кривої $t(S)$. Час ходу визначається як сума ординат окремих ділянок кривої.

Контрольні питання для самопідготовки за розділом 5

1. Графічні методи побудови кривої швидкості.
2. Графічний метод побудови кривої часу ходу поїзда.
3. Побудова кривої часу ходу поїзда методом Лебедева.
4. Випрямлення поздовжнього профілю.
5. Масштаби побудови кривої швидкості і кривої часу ходу поїзда.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізниця колії 1520 мм. Київ : Мінрегіонбуд, 2008. 123 с.
2. Кантор И. И. Изыскание и проектирование железных дорог. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2003. 288 с.
3. Изыскание и проектирование железных дорог: учеб. для вузов ж.-д. трансп./ А. В. Горинов, И. И. Кантор, А. П. Кондратченко, И. В. Турбин. 6-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт, 1979. Т. 1. 319 с.
4. Гавриленков А. В. Изыскание и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию: учеб. пособ. для учащихся техникумов. Москва: Транспорт, 1990. 167 с.
5. Правила тяговых расчетов для поездной работы. Москва: Транспорт, 1985. 287 с.
6. ЦП-0165. Правила визначення категорії мостів та труб за водопропускною здатністю / Головне управління колійного господарства Укрзалізниця. Київ, 2007. 152 с.
7. ДБН В.2.3-14-2006. Мости та труби. Правила проектування. Київ: Мінбуд, 2006. 217 с.
8. Ватуля Л. П. Російсько-український словник залізничних термінів / за ред. Ю. В. Соболева. 2-ге вид., випр. та доп. Київ: Транспорт України, 2000. 484 с.

Умовні позначення

Позначення	Розмірність	Пояснення
1	2	3
Умовні позначення до розд. 2		
ω_0^I	Н/кН	основний питомий опір руху локомотива в режимі тяги
ω_X^I	Н/кН	основний питомий опір руху локомотива в режимі холостого ходу
ω_0^{II}	Н/кН	основний питомий опір руху завантажених вантажних і пасажирських вагонів
q_0	т/вісь	маса, що припадає на вісь вагона
$q_{бр}(i)$	т	маса бруто вагона і-ї категорії
$q_{сп}(i)$	т	вантажопідйомність вагона і-ї категорії
β		коефіцієнт повновантажності вагона
α_i		питомий вміст відповідних категорій вагонів у складі за масою
γ_i		питоме співвідношення вагонів за кількістю
V	км/год	швидкість руху состава
V_k	км/год	конструкційна швидкість руху локомотива
V_p	км/год	розрахункова швидкість руху локомотива
ω_{mp}	Н/кН	питомий опір при рушанні поїзда з місця на площадці
ω_r	Н/кН	додатковий опір руху поїзда в кривій
R	м	радіус кривої
α^o	град	кут повороту кривої
l_n	м	довжина поїзда
ω_i	Н/кН	додатковий опір руху від ухилу
Q	т	маса состава
$F_{к(p)}$	Н	розрахункова сила тяги локомотива при розрахунковій швидкості руху
i_p	‰	керівний ухил
g	м/с ²	прискорення вільного падіння
P	т	маса локомотива
Q_{mp}	т	маса состава при рушанні з місця

1	2	3
i_{mp}	‰	приведений ухил, на якому розміщується роздільний пункт
$Q_{бр}$	т	маса состава брутто
Q_n	т	маса поїзда
l_c	м	довжина состава
n_i	шт.	кількість вагонів i -ї категорії
l_i	м	довжина вагона i -ї категорії
m_l	шт.	кількість локомотивів
l_l	м	довжина локомотива
$l_{но}$	м	довжина приймально-відправних колій
Q_n	т	маса нетто состава
η		відношення ваги нетто состава до ваги брутто состава
r_0	Н/кН	питома рівнодійна сила
f_k	Н/кН	питома сила тяги
b_T	Н/кН	гальмівна сила поїзда при механічному гальмуванні
$\varphi_{кр}$		розрахунковий коефіцієнт тертя гальмівної колодки об бандаж колеса
v_p		розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда
K_p	кН	розрахункова сила натискання на гальмові осі поїзда
$K_{p,в(i)}$	кН	розрахункова сила натискання колодок на вісь кожного типу вагонів
m_i	шт.	кількість осей вагонів i -ї категорії
$K_{p,л}$	кН	розрахункова сила натискання колодок на вісь локомотива
$n_{m,о}$	шт.	кількість гальмових осей локомотива
S_m	м	гальмівний шлях
S_n	м	шлях підготовки до гальмування
S_0	м	дійсний шлях гальмування
ΔS	м	пройдений шлях
V_k	км/год	кінцева швидкість розглянутого інтервалу
V_n	км/год	початкова швидкість розглянутого інтервалу
$V_{нт}$	км/год	швидкість поїзда в момент початку гальмування
t_n	с	час підготовки до гальмування

1	2	3
Умовні позначення до розд. 3		
L	км	довжина геодезичної лінії
L_g	км	довжина варіанта
λ		коефіцієнт розвитку лінії
d	км	закладання
Δh	м	переріз горизонталей
i	‰	ухил трасування
T		тангенс кривої
R	м	радіус кривої
α	град	кут повороту
K	м	довжина кривої
$НКК$	ПК+	початок кругової кривої
$ВУ$	ПК+	вершина кута
$ККК$	ПК+	кінець кругової кривої
Z_{min}	м	Відстань від осі станції А до першої вершини кута повороту
l_{cm}	м	довжина станційної площадки
l_n	м	довжина перехідної кривої
a	м	резерв на додатковий розвиток станції на перспективу
Δi	‰	різниця суміжних ухилів
i_n	‰	значення ухилу розглянутого елемента
i_{n-1}	‰	значення ухилу попереднього елемента з урахуванням знака
h	м	висота насипу
h_{cn}	м	висота розрахункової товщини сніжного покриву в даному кліматичному районі
H_n	м	проектна відмітка
H_{n-1}	м	попередня проектна відмітка
b	м	відстань між відмітками
h_p	м	робоча відмітка
H_3	м	відмітка землі
n_p	пара поїзд доба	пропускна спроможність залізниці

1	2	3
n_{gp}	<u>пара поїзд</u> доба	кількість пар вантажних поїздів
n_n	<u>пара поїзд</u> доба	кількість пар пасажирських поїздів
n_c	<u>пара поїзд</u> доба	кількість пар збірних поїздів
n_y	<u>пара поїзд</u> доба	кількість пар прискорених поїздів
$\varepsilon_{п}$		коефіцієнт зняття вантажних поїздів пасажирськими поїздами
ε_c		коефіцієнт зняття вантажних поїздів збірними поїздами
ε_y		коефіцієнт зняття вантажних поїздів прискореними поїздами
γ		коефіцієнт резерву пропускної спроможності
t_p	хв	час ходу поїзда, при якому фіксується вісь роздільного пункту
$\tau_1 + \tau_2$	хв	час на виконання станційних операцій зі схрещення поїздів
t_{pz}	хв	час на розгін і вповільнення поїздів при зупинках
$t'_i + t''_i$	хв/км	час проходження поїздом 1 км колії розглянутого елемента поздовжнього профілю в напрямку «туди» і «назад»
l_i	км	довжина розглянутого елемента поздовжнього профілю
i_{np}	‰	приведений ухил елемента поздовжнього профілю
i_e	‰	ухил розглянутого елемента
$i_{ек}$	‰	еквівалентний ухил

1	2	3
Умовні позначення до розд. 4		
K	тис. грн	будівельна вартість ділянки залізниці
$K_{зр}$	тис. грн	вартість робіт зі спорудження земляного полотна
$K_{иссо}$	тис. грн	вартість штучних споруд
$K_{вс}$	тис. грн	вартість верхньої будови колії на перегоні
$K_{лин}$	тис. грн	вартість пристроїв, пропорційних довжині лінії
$K_{рп}$	тис. грн	вартість роздільних пунктів
$Q_{зр}$	м ³	об'єм земляних робіт
$a_{зр}$	грн	вартість 1 м ³ земляного полотна
$Q_{пр}$	м ³	профільний об'єм земляного полотна головної колії
$Q_{рп}$	м ³	профільний об'єм земляного полотна в межах роздільного пункту
Q_n	м ³	об'єм масивів насипів
Q_v	м ³	об'єм масивів виїмок
n	шт.	кількість бокових колій роздільного пункту
h	м	робоча відмітка
$l_{ст}$	км	довжина станційної площадки
$K_{тр}$	тис. грн	вартість робіт зі спорудження водопропускних труб
K_m	тис. грн	вартість робіт зі спорудження мостів
K_t	тис. грн	вартість робіт зі спорудження тунелів
$k_{всн}$	тис. грн	вартість 1 км верхньої будови колії
l	км	довжина перегону
$K_{пт}$	тис. грн	вартість підготовки території будівництва
$K_{св}$	тис. грн	вартість пристроїв зв'язку й СЦБ
$K_{ем}$	тис. грн	вартість пристроїв енергетичного господарства
$K_{ж}$	тис. грн	вартість будинків цивільного призначення
$k_{рп}$	тис. грн	вартість одного роздільного пункту
$n_{рп}$	шт.	кількість роздільних пунктів
C	тис. грн	експлуатаційні витрати
$C_{дв}$	тис. грн	витрати на пересування поїздів
$C_{ост}$	тис. грн	витрати на зупинки поїздів

1	2	3
C_{ny}	тис. грн	витрати на утримання постійних пристроїв
η		коефіцієнт переходу від маси брутто до маси нетто
Q_{nc}	т	маса пасажирського поїзда
$N_{GP(T)}$	<u>пара поїзд</u> доба	кількість вантажних поїздів у напрямку «туди»
$N_{GP(O)}$	<u>пара поїзд</u> доба	кількість вантажних поїздів у напрямку «назад»
Γ_m	<u>млн т</u> р.	потрібна провізна спроможність «туди»
Γ_o	<u>млн т</u> р.	потрібна провізна спроможність «назад»
Q	т	маса состава
n_{nc}	<u>пара поїзд</u> доба	кількість пасажирських поїздів за добу
μ		коефіцієнт приведення пасажирських поїздів до вантажних
$C_{дв}$	грн	витрати з руху одного поїзда за напрямками
H	м	алгебраїчна різниця відміток кінцевої й початкової точок траси
$\Sigma\alpha$	град	сума кутів повороту всіх кривих на трасі
H_c	м	арифметична сума висот гальмівних ділянок спусків, що мають крутість більше гранично нешкідливого ухилу
$\Sigma\alpha_c$	град	сума кутів повороту кривих у межах гальмівних спусків
L_c	км	сума довжин гальмівних спусків
K_{pz}		коефіцієнт, що враховує витрати на розгін і вповільнення поїздів
K_{np}		коефіцієнт, що враховує витрати на простій
C_{ny}	тис. грн	витрати на утримання постійних пристроїв
K_i	тис. грн	витрати на утримання 1 роздільного пункту і-го типу
K_l	тис. грн	витрати на утримання 1 км пристроїв, пропорційних довжині лінії

Продовження дод. 1

1	2	3
n_i	шт.	кількість роздільних пунктів і-го типу
$E_{\text{инт}}$	тис. грн	інтегральний ефект
R_p	тис. грн	економічний результат на 10-й рік експлуатації залізничної колії
Γ_{10}	$\frac{\text{млн т}}{\text{р.}}$	розрахункова вантажонапруженість нетто у вантажному напрямку на десятий рік експлуатації
l	км	довжина траси
γ		коефіцієнт нерівномірності вантажних перевезень
E		норма дисконту
∂	грн/ткм	дохідна ставка
K	млрд грн	капіталовкладення
Z_{10}	млрд грн	експлуатаційні витрати на 10-й рік експлуатації
$E_{\text{нз}}$	млрд грн	позатранспортний ефект
k		коефіцієнт приведення 1 км залізниці до 1 км автомобільної дороги
C_A	грн/ткм	вартість перевезення 1 т вантажу автомобільним транспортом на 1 км шляху
$C_{\text{ЖД}}$	грн/ткм	вартість перевезення 1 т вантажу залізничним транспортом на 1 км шляху
i_c	‰	ухил ділянки, що випрямляють
i_i	‰	ухил і-го елемента
l_i	км	довжина і-го елемента
$i_{\text{пр}}$	‰	приведений ухил
ω_r	Н/кН	додатковий опір від кривої

Загальні характеристики локомотивів

Серія локомотива	Кількість секцій	Кількість гальмівних осей	Маса P, т	Довжина l, м	Розрахункова швидкість V_p , км/ГОД	Конструктивна швидкість V_k , км/ГОД	Розрахункова сила тяги F_k , кН	Сила тяги при русанні з місяця $F_{k(гр)}$, кН
ВЛ-8	2	8	184	28	43,3	80	465	607
ВЛ-10	2	8	184	33	46,7	100	451,26	614,11
ВЛ-10 ^В	2	8	200	33	45,8	100	502	680
ВЛ-60	2	8	138	21	43,5	100	368	496,8
ВЛ-80 ^{ДО}	2	8	184	33	44,2	110	480,69	649,42
ВЛ-80 ^С	2	8	190	33	43,5	110	502,27	649,42
ВЛ-82	2	8	190	33	51	110	464,99	640,59
2ТЭ-10	2	12	276	34	23,4	100	496,39	797,55
2ТЭ-116	2	12	276	36	24,2	100	496,39	797,55
2М-62	2	12	240	36	20	100	400	714

Покілометровий час ходу поїздів

Таблиця Д.3.1

Покілометровий час ходу поїздів при електровозах ВЛ10,
ВЛ11 (2 секції), ВЛ11 (3 секції), хв/км

i _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,28
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,28	1,03
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,28	1,03	1,02
12	-	-	-	-	-	-	-	-	1,28	1,03	1,01	0,99
11	-	-	-	-	-	-	-	1,28	1,03	1,01	0,99	0,98
10	-	-	-	-	-	-	1,28	1,03	1,00	0,98	0,95	0,95
9	-	-	-	-	1,28	1,03	1,00	0,97	0,94	0,93	0,92	
8	-	-	-	1,28	1,03	1,00	0,97	0,94	0,91	0,89	0,88	
7	-	-	1,28	1,03	0,99	0,96	0,94	0,90	0,88	0,85	0,83	
6	-	1,28	1,02	0,99	0,95	0,92	0,90	0,88	0,83	0,81	0,79	
5	1,28	1,02	0,97	0,94	0,91	0,88	0,84	0,81	0,79	0,76	0,75	
4	1,02	0,97	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	
3	0,95	0,90	0,86	0,82	0,81	0,77	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67	
2	0,87	0,82	0,80	0,76	0,73	0,71	0,70	0,68	0,66	0,65	0,64	
1	0,79	0,75	0,72	0,69	0,68	0,67	0,64	0,60	0,60	0,60	0,60	
0	0,70	0,67	0,65	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
-1	0,64	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
-2 і крутіше	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	

Таблиця Д.3.2

Покілометровий час ходу поїздів при електровозах ВЛ10^у, хв/км

і _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	1,06
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	1,06	1,04
12	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	1,06	1,04	1,01
11	-	-	-	-	-	-	-	1,31	1,06	1,03	1,01	0,99
10	-	-	-	-	-	-	1,31	1,06	1,03	1,01	0,98	0,95
9	-	-	-	-	1,31	1,05	1,02	1,00	0,97	0,94	0,92	
8	-	-	-	1,31	1,05	1,02	0,99	0,96	0,93	0,91	0,89	
7	-	-	1,31	1,05	1,01	0,98	0,95	0,92	0,90	0,88	0,86	
6	-	1,31	1,04	1,01	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0,84	0,82	
5	1,31	1,01	1,00	0,95	0,92	0,88	0,87	0,85	0,82	0,80	0,78	
4	1,03	0,98	0,94	0,90	0,87	0,85	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	
3	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,73	0,71	0,69	
2	0,89	0,86	0,81	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69	0,69	0,67	0,65	
1	0,81	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	
0	0,72	0,69	0,67	0,65	0,63	0,62	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
-1	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
-2 і крутіше	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	

Таблиця Д.3.3

Покілометровий час ходу поїздів при електровозах ВЛ80^к, хв/км

і _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36	1,04
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36	1,04	1,02
12	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36	1,04	1,01	0,98
11	-	-	-	-	-	-	1,36	1,03	1,01	0,98	0,96	0,96
10	-	-	-	-	-	1,36	1,03	1,00	0,98	0,94	0,92	0,92
9	-	-	-	-	1,36	1,03	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	0,89
8	-	-	-	1,36	1,03	0,98	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	0,85
7	-	-	1,36	1,03	0,98	0,94	0,91	0,90	0,86	0,83	0,81	0,81
6	-	1,36	1,03	0,98	0,94	0,89	0,87	0,85	0,82	0,80	0,78	0,78
5	1,36	1,02	0,97	0,92	0,88	0,83	0,82	0,81	0,78	0,76	0,74	0,74
4	1,01	0,96	0,90	0,87	0,83	0,80	0,78	0,75	0,74	0,71	0,70	0,70
3	0,94	0,90	0,84	0,81	0,78	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,65
2	0,86	0,83	0,78	0,74	0,71	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,61	0,61
1	0,76	0,74	0,71	0,67	0,66	0,63	0,62	0,61	0,60	0,57	0,56	0,56
0	0,68	0,66	0,63	0,61	0,58	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-1	0,60	0,59	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-2 і крутіше	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

Таблиця Д.3.4

Покілометровий час ходу поїздів при електровозах
ВЛ80^с (2 секції), ВЛ80^с (3 секції), хв/км

і _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38	1,06
13	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38	1,06	1,03	
12	-	-	-	-	-	-	-	1,38	1,06	1,02	1,00	
11	-	-	-	-	-	-	1,38	1,05	1,02	0,99	0,96	
10	-	-	-	-	-	1,38	1,05	1,02	0,98	0,95	0,93	
9	-	-	-	-	1,38	1,05	1,01	0,97	0,94	0,92	0,90	
8	-	-	-	1,38	1,05	1,00	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	
7	-	-	1,38	1,04	1,00	0,96	0,92	0,89	0,87	0,85	0,83	
6	-	1,38	1,04	0,99	0,94	0,91	0,88	0,86	0,83	0,81	0,79	
5	1,38	1,03	0,97	0,93	0,89	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,76	
4	1,02	0,96	0,91	0,88	0,85	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	
3	0,94	0,89	0,86	0,82	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67	
2	0,87	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68	0,67	0,65	0,63	0,62	
1	0,78	0,75	0,72	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	
0	0,69	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,55	0,55	
-1	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	
-2 і крутіше	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	

Таблиця Д.3.5

Покілометровий час ходу поїздів при електровозах
ВЛ82 (постійного струму), хв/км

і _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,18
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,18	1,00
13	-	-	-	-	-	-	-	-	1,18	0,99	0,97	
12	-	-	-	-	-	-	-	1,18	0,99	0,97	0,95	
11	-	-	-	-	-	-	1,18	0,99	0,97	0,95	0,93	
10	-	-	-	-	-	1,18	0,99	0,96	0,94	0,92	0,91	
9	-	-	-	-	1,18	0,99	0,96	0,94	0,92	0,90	0,89	
8	-	-	-	1,18	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	
7	-	-	1,18	0,98	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,84	
6	-	1,18	0,98	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,85	0,83	0,81	
5	1,18	1,00	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,78	
4	1,07	0,93	0,90	0,87	0,86	0,83	0,81	0,79	0,77	0,76	0,75	
3	0,91	0,88	0,86	0,83	0,81	0,78	0,77	0,75	0,74	0,72	0,71	
2	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68	0,66	
1	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67	0,62	0,60	0,59	0,56	
0	0,72	0,70	0,68	0,64	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	
-1	0,60	0,57	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	
-2 і крутіше	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	

Таблиця Д.3.6

Покілометровий час ходу поїздів
при тепловозах 2ТЭ10, 3ТЭ10, хв/км

і _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,55
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,55	2,35
13	-	-	-	-	-	-	-	-	2,55	2,35	2,18
12	-	-	-	-	-	-	-	2,55	2,35	2,17	2,02
11	-	-	-	-	-	-	2,55	2,33	2,16	2,00	1,88
10	-	-	-	-	-	2,55	2,31	2,14	2,00	1,85	1,71
9	-	-	-	-	2,55	2,29	2,11	1,83	1,79	1,67	1,58
8	-	-	-	2,55	2,28	2,03	1,83	1,74	1,62	1,52	1,43
7	-	-	2,55	2,26	2,00	1,79	1,64	1,54	1,46	1,38	1,29
6	-	2,55	2,22	2,00	1,76	1,58	1,43	1,40	1,33	1,22	1,15
5	2,55	2,18	1,90	1,71	1,54	1,40	1,29	1,19	1,13	1,09	1,01
4	2,07	1,82	1,62	1,45	1,33	1,21	1,13	1,05	1,02	0,95	0,390
3	1,67	1,50	1,33	1,21	1,13	1,03	0,95	0,89	0,85	0,83	0,78
2	1,33	1,22	1,09	1,02	0,92	0,87	0,82	0,77	0,75	0,71	0,69
1	1,05	0,98	0,88	0,85	0,77	0,74	0,70	0,66	0,63	0,63	0,61
0	0,82	0,77	0,71	0,68	0,64	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,65	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-2 і кру- тіше	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Таблиця Д.3.7

Покілометровий час ходу поїздів при тепловозах 2ТЭ116, хв/км

i _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,48
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,48	2,29
13	-	-	-	-	-	-	-	-	2,48	2,28	2,13
12	-	-	-	-	-	-	-	2,48	2,26	2,11	1,99
11	-	-	-	-	-	-	2,48	2,26	2,09	1,95	1,80
10	-	-	-	-	-	2,48	2,24	2,07	1,91	1,76	1,65
9	-	-	-	-	2,48	2,22	2,04	1,86	1,72	1,61	1,52
8	-	-	-	2,48	2,20	2,01	1,81	1,67	1,56	1,47	1,38
7	-	-	2,48	2,17	1,96	1,76	1,62	1,51	1,40	1,32	1,25
6	-	2,48	2,14	1,90	1,70	1,56	1,44	1,33	1,25	1,19	1,12
5	2,48	2,10	1,83	1,63	1,49	1,36	1,26	1,19	1,11	1,05	1,00
4	2,05	1,75	1,55	1,40	1,28	1,19	1,10	1,03	0,97	0,92	0,88
3	1,65	1,45	1,29	1,18	1,08	1,01	0,94	0,89	0,85	0,81	0,77
2	1,32	1,18	1,06	0,98	0,91	0,85	0,80	0,76	0,73	0,70	0,67
1	1,03	0,94	0,86	0,80	0,76	0,72	0,68	0,66	0,63	0,61	0,60
0	0,80	0,75	0,70	0,66	0,63	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,63	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-2 і крутіше	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Таблиця Д.3.8

Покілометровий час ходу поїздів при електровозах ВЛ8, хв/км

і _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38	1,25
13	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38	1,26	1,18
12	-	-	-	-	-	-	-	1,38	1,25	1,18	1,13
11	-	-	-	-	-	-	1,38	1,26	1,18	1,14	1,10
10	-	-	-	-	-	1,38	1,25	1,18	1,13	1,10	1,07
9	-	-	-	-	1,38	1,25	1,17	1,13	1,09	1,07	1,05
8	-	-	-	1,38	1,24	1,16	1,12	1,09	1,07	1,05	1,03
7	-	-	1,38	1,25	1,15	1,11	1,08	1,06	1,04	1,02	1,00
6	-	1,38	1,24	1,15	1,10	1,07	1,05	1,03	1,01	0,99	0,97
5	1,38	1,22	1,14	1,10	1,07	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	0,94
4	1,21	1,14	1,08	1,06	1,04	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89
3	1,13	1,08	1,04	1,01	0,98	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85
2	1,06	1,02	0,99	0,96	0,93	0,90	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79
1	1,00	0,95	0,92	0,90	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,75
0	0,92	0,86	0,83	0,80	0,78	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
-1	0,80	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
-2 і крутіше	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Таблиця Д.3.9

Покілометровий час ходу поїздів при електровозах ВЛ60^к, хв/км

і _{пр} , ‰	Керівний ухил, ‰											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36	1,07
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36	1,07	1,05
12	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36	1,07	1,04	1,02
11	-	-	-	-	-	-	1,36	1,07	1,03	1,01	0,99	
10	-	-	-	-	-	1,36	1,07	1,03	1,00	0,98	0,96	
9	-	-	-	-	1,36	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,92	
8	-	-	-	1,36	1,06	1,02	0,99	0,96	0,93	0,91	0,89	
7	-	-	1,36	1,06	1,02	0,98	0,95	0,92	0,89	0,87	0,85	
6	-	1,36	1,06	1,01	0,97	0,93	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81	
5	1,36	1,05	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79	0,77	
4	1,05	0,98	0,94	0,90	0,87	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,73	
3	0,96	0,92	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	
2	0,90	0,84	0,80	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	
1	0,81	0,77	0,73	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	0,60	
0	0,74	0,68	0,65	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
-1	0,62	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
-2 і крутіше	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Таблиця Д.3.10

Покілометровий час ходу поїздів при тепловозі 2М62, хв/км

і _{пр} ‰	Керівний ухил, ‰											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	2,38
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	2,38	2,34
12	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	2,40	2,34	2,32
11	-	-	-	-	-	-	3,00	2,40	2,35	2,32	2,16	
10	-	-	-	-	-	3,00	2,40	2,35	2,26	2,16	1,99	
9	-	-	-	-	3,00	2,68	2,30	2,26	2,06	1,96	1,82	
8	-	-	-	3,00	2,65	2,43	2,20	2,04	1,86	1,76	1,62	
7	-	-	3,00	2,62	2,35	2,12	1,96	1,82	1,65	1,56	1,46	
6	-	3,00	2,56	2,31	2,06	1,88	1,73	1,58	1,46	1,39	1,29	
5	3,00	2,53	2,20	1,97	1,78	1,61	1,49	1,39	1,28	1,22	1,13	
4	2,48	2,10	1,85	1,66	1,50	1,38	1,27	1,19	1,10	1,06	1,00	
3	1,99	1,71	1,51	1,37	1,25	1,16	1,07	1,02	0,95	0,92	0,87	
2	1,51	1,32	1,19	1,09	1,01	0,95	0,90	0,86	0,82	0,79	0,76	
1	1,16	1,04	0,96	0,90	0,85	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,68	
0	0,90	0,83	0,79	0,75	0,72	0,75	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	
-1	0,73	0,70	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	
-2	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	

Гідравлічні характеристики водопропускних труб

Таблиця Д.4.1

Тип труби	Отвір або діаметр, м	Тип оголовка	Витрати, м ³ /с		Мінімальна висота нащипу, м
			Розрахункові	Максимальні	
1	2	3	4	5	6
Круглі залізобетонні труби	1,00	Портальний	1,50	2,25	1,45
	1,25		2,65	4,00	1,75
	1,50		4,20	6,30	1,00
	2,00	Розтрубний	8,65	11,80	2,55
	1,00	З конічними ланками	2,10	3,15	1,45
	1,25		3,70	5,55	1,90
	1,50		5,80	8,70	2,20
Прямокутні залізобетонні труби	1,00	Портальний з нормальною вхідною ланкою	2,20	3,30	1,71
	1,25		3,65	5,55	1,98
	1,50	Розтрубний з нормальною вхідною ланкою	7,35	11,00	2,51
	2,00		13,85	20,80	3,02
	1,00	Розтрубний з підвищеною вхідною ланкою	3,30	4,95	2,06
	1,25		5,45	8,18	2,38
	1,50		9,90	14,85	3,21
	2,00		18,50	27,75	3,82

Продовження табл. Д.4.1

1	2	3	4	5	6
Прямокутні бетонні труби з плоскими залізобетонн ими пере- криттями	2,00	З нормальною вхідною ланкою	18,00	Встановлюється розрахунком	3,90
	3,00		27,00		4,00
	4,00		36,00		4,10
	5,00		45,00		4,25
	6,00		54,00		4,35
	2,00	З підвищеною вхідною ланкою	26,00		4,70
	3,00		39,00		4,80
	4,00		52,00		4,90
	5,00		65,00		5,05
	6,00		78,00		5,15

Таблиця Д.4.2

Гідравлічні характеристики водопропускних труб (двоочкових)

Тип труби	Отвір або діаметр, м	Тип оголовка	Витрати, м/с ³		Мінімальна висота насіпу, м
			Розрахункові	Максимальні	
1	2	3	4	5	6
Круглі залізобетонні труби	2x1,00	Портальний	3	4,5	1,45
	2x1,25		5,3	8	1,75
	2x1,50		8,4	12,6	1,00
	2x2,00	Розтрубний	17,3	23,6	2,55
	2x1,00	З конічними ланками	4,2	6,3	1,45
	2x1,25		7,4	11,1	1,90
	2x1,50		11,6	17,4	2,20
Прямокутні залізобетонні труби	2x1,00	Портальний з нормальною вхідною ланкою	4,4	6,6	1,71
	2x1,25		7,3	11,1	1,98
	2x1,50	Розтрубний з нормальною вхідною ланкою	14,7	22	2,51
	2x2,00		27,7	41,6	3,02
	2x1,00	Розтрубний з підвищеною вхідною ланкою	6,6	9,9	2,06
	2x1,25		10,9	16,36	2,38
	2x1,50		19,8	29,7	3,21
	2x2,00		37	55,5	3,82

Продовження табл. Д.4.2

1	2	3	4	5	6
Прямокутні бетонні труби з плоскими залізобетонними пере-криттями	2x2,00	З нормальною вхідною ланкою	36	Встановлюються розрахунком	3,90
	2x3,00		54		4,00
	2x4,00		72		4,10
	2x5,00		90		4,25
	2x6,00		108		4,35
	2x2,00	З підвищеною вхідною ланкою	52		4,70
	2x3,00		78		4,80
	2x4,00		104		4,90
	2x5,00		130		5,05
	2x6,00		156		5,15

Гідравлічні характеристики водопропускних труб
(тричкових)

Тип труби	Отвір або діаметр, м	Тип оголовка	Витрати, м/с ³		Мінімальна висота насищу, м
			Розрахункові	Максимальні	
1	2	3	4	5	6
Круглі залізобетонні труби	3x1,00	Портальний	4,5	6,75	1,45
	3x1,25		7,95	12	1,75
	3x1,50		12,6	18,9	1,00
	3x2,00	Розтрубний	25,95	35,4	2,55
	3x1,00	З конічними ланками	6,3	9,45	1,45
	3x1,25		11,1	16,65	1,90
	3x1,50		17,4	26,1	2,20
Прямокутні залізобетонні труби	3x1,00	Портальний з нормальною вхідною ланкою	6,6	9,9	1,71
	3x1,25		10,95	16,65	1,98
	3x1,50	Розтрубний з нормальною вхідною ланкою	22,05	33	2,51
	3x2,00		41,55	62,4	3,02
	3x1,00	Розтрубний з підвищеною вхідною ланкою	9,9	14,85	2,06
	3x1,25		16,35	24,54	2,38
	3x1,50		29,7	44,55	3,21
	3x2,00		55,5	83,25	3,82

Продовження табл. Д.4.3

1	2	3	4	5	6
Прямокутні бетонні труби з плоскими залізобетонним и пере- криттями	3x2,00	З нормальною вхідною ланкою	54	Встановлюються розрахунком	3,90
	3x3,00		81		4,00
	3x4,00		108		4,10
	3x5,00		135		4,25
	3x6,00		162		4,35
	3x2,00	З підвищеною вхідною ланкою	78		4,70
	3x3,00		117		4,80
	3x4,00		156		4,90
	3x5,00		195		5,05
	3x6,00		234		5,15

Кілометровий об'єм земляних робіт по головній колії

Середня робоча вільтка, м	Ширина основної площадки земляного полотна, м									
	Насип					Виїмка				
	5,5	6,0	6,5	7,0	11,1	5,5	6,0	6,5	7,0	11,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,25	2,1	2,2	2,4	2,5	4,0	3,2	3,4	3,4	3,5	4,1
0,50	3,7	4,0	4,3	4,6	7,0	5,8	6,0	6,2	6,5	8,1
0,75	5,6	6,0	6,4	6,8	10,3	8,6	9,0	9,3	9,6	12,3
1,00	7,6	8,1	8,7	9,2	13,7	11,6	12,1	12,5	13,0	16,7
1,25	9,8	10,5	11,1	11,8	17,3	14,8	15,4	15,9	16,5	21,2
1,50	12,2	13,0	13,8	14,6	21,1	18,1	18,8	19,5	20,3	26,0
1,75	14,8	15,7	16,6	17,5	25,1	21,7	22,5	23,3	24,2	30,9
2,00	17,6	18,6	19,7	20,7	29,3	25,4	26,4	27,3	28,3	36,1
2,50	23,7	25,0	26,3	27,6	38,2	33,4	34,6	35,8	37,1	46,9
3,00	30,6	32,1	33,7	35,2	47,9	42,2	43,7	45,1	46,6	58,5
3,50	38,2	40,0	41,8	43,6	58,3	51,7	53,4	55,1	56,9	70,8
4,00	46,6	48,6	50,7	52,7	69,5	62,0	64,0	65,9	67,9	83,9
4,50	55,7	58,0	60,3	62,6	81,4	73,0	75,2	77,4	79,7	97,7
5,00	65,6	68,1	70,7	73,2	94,1	84,8	87,3	89,7	92,2	112,3
5,50	76,2	79,0	81,8	84,6	107,5	97,3	100,0	102,7	105,5	127,6
6,00	87,6	90,6	93,7	96,7	121,7	110,6	113,6	116,5	119,5	143,7
6,50	99,8	103,1	106,3	109,6	136,7	124,6	127,8	131,0	134,3	160,5
7,00	112,8	116,4	119,9	123,4	152,6	139,4	142,9	146,3	149,8	178,1
7,50	126,8	130,6	134,3	138,1	169,3	154,9	158,6	162,3	166,1	196,4
8,00	141,6	145,6	149,7	153,7	186,9	171,2	175,2	179,1	183,1	215,5
8,50	157,3	161,6	165,8	170,1	205,4	188,2	192,4	196,6	200,9	235,3
9,00	173,8	178,4	182,9	187,4	245,0	206,0	210,5	214,9	219,4	255,0
9,50	191,3	196,1	200,8	205,6	224,8	224,5	229,2	233,9	238,7	277,2
10,00	209,6	214,6	219,7	224,7	266,1	243,8	248,8	253,7	258,7	299,3
11,00	248,8	254,4	259,9	265,4	311,0	284,6	290,1	296,5	301,0	345,7
12,00	291,6	297,6	303,7	309,7	359,3	328,4	331,4	340,3	346,3	395,1

Продовження дод. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13,00	338,1	344,6	351,2	357,7	411,4	375,2	381,7	388,1	394,6	447,5
14,00	388,6	395,6	402,7	409,7	467,5	425,0	432,0	438,9	445,9	502,9
15,00	443,1	450,6	458,2	465,7	527,6	477,8	485,3	492,7	500,2	561,3
16,00	501,6	509,6	517,7	525,7	591,7	533,6	541,6	549,5	557,5	622,7
17,00	564,1	572,6	581,2	589,7	659,8	592,4	600,9	609,3	617,8	687,1
18,00	630,6	639,6	648,7	657,7	731,9	654,2	683,2	672,1	681,1	754,5

Вартість будівництва

При визначенні вартості використовували розцінки 1990 р. з урахуванням індексів зміни ринкової вартості, представлених у листі Міністерства регіонального будівництва України № 9/11-1028 від 13.07.2009 р.

Таблиця Д.6.1

Вартість будівництва штучних споруд
при висоті насипу до 8 м, тис. грн

Тип споруди	Отвір, м	Висота насипу, м						
		2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Залізобетонні мости	4,0	124	157	215	289	364	-	-
	6,0	141	174	231	306	380	-	-
	8,0	-	198	256	331	405	-	-
	10,0	-	-	273	347	422	-	-
	12,0	-	-	289	364	438	-	-
	15,0	-	-	314	388	463	-	-
Круглі залізобетонні труби	1,0	41	45	50	56	61	71	81
	1,25	33	53	58	69	79	91	102
	1,5	58	69	83	93	102	114	127
	2,0	-	99	116	129	141	157	172
	2,5	-	124	141	157	174	193	213
Прямокутні залізобетонні труби	2,0	-	-	132	155	177	200	222
	2,5	-	-	155	182	207	235	261
	3,0	-	-	182	212	240	276	311
Круглі залізобетонні труби (двоочкові)	2x1,0	74	80	89	101	110	128	146
	2x1,25	60	95	104	125	143	164	184
	2x1,5	104	125	149	167	184	205	229
	2x2,0	-	179	208	232	253	283	309
	2x2,5	-	223	253	283	312	348	384

Продовження табл. Д.6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Прямокутні залізобетонні труби (двоочкові)	2x2,0	-	-	238	280	318	360	399
	2x2,5	-	-	280	327	372	423	470
	2x3,0	-	-	327	381	431	497	559
Круглі залізобетонні труби (триочкові)	3x1,0	107	116	129	146	159	185	211
	3x1,25	86	138	150	181	206	236	266
	3x1,5	150	181	215	241	266	297	331
	3x2,0	-	258	301	335	365	408	447
	3x2,5	-	322	365	408	451	503	554
Прямокутні залізобетонні труби (триочкові)	3x2,0	-	-	344	404	460	520	576
	3x2,5	-	-	404	473	537	610	679
	3x3,0	-	-	473	550	623	718	808

Таблиця Д.6.2

Вартість будівництва штучних споруд
при висоті насипу більше 8 м, тис. грн

Тип споруди	Отвір, м	Висота насипу, м					
		9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7	8
Круглі залізобетонні труби	4,0	93	104	116	127	-	-
	6,0	116	127	144	159	-	-
	8,0	144	159	175	193	-	-
	10,0	190	208	230	251	-	-
	12,0	233	253	278	303	-	-
Прямокутні залізобетонні труби	15,0	245	268	289	311	336	359
	1,0	289	316	345	374	403	431
	1,25	347	382	418	453	489	526
Круглі залізобетонні труби (двоочкові)	2x1,5	167	187	208	229	-	-
	2x2,0	208	229	259	286	-	-
	2x2,5	259	286	315	348	-	-
	2x2,0	342	375	414	452	-	-
	2x2,5	420	455	500	545	-	-
Прямокутні залізобетонні труби (двоочкові)	2x2,0	440	482	521	559	604	646
	2x2,5	521	568	622	672	726	777
	2x3,0	625	687	753	815	881	946
Круглі залізобетонні труби (триочкові)	3x1,5	241	271	301	331	-	-
	3x2,0	301	331	374	413	-	-
	3x2,5	374	413	456	503	-	-
	3x2,0	494	542	597	653	-	-
	3x2,5	606	658	722	787	-	-
Прямокутні залізобетонні труби (триочкові)	3x3,0	636	696	752	808	872	933
	3x1,0	752	821	898	971	1049	1122
	3x1,25	903	993	1087	1178	1272	1367

Таблиця Д.6.3

Вартість 1 м тунелю K_t , тис. грн

Ґрунт	Кількість колій	
	Одна	Дві
Доломіт	129	228
Діабаз	134	238
Кварцит, граніт	139	248
Базальт	142	256

Таблиця Д.6.4

Вартість верхньої будови колії $k_{вбк}$, тис. грн/км

Конструкція колії	Тип рейок	Кількість шпал на 1 км, шт.	Одноколійна лінія		Двоколійна лінія	
			головна колія	станційна колія	головна колія	станційна колія
Ланкова	P50	1840	1310	1460	2600	2900
		2000	1400	-	2828	-
	P65	1840	1423	1658	2827	3313
		2000	1509	-	3045	-
Безстикова	P65	1840	1708	2000	3392	3975
		2000	1810	-	3653	-

Таблиця Д.6.5

Вартість підготовки території будівництва $K_{пт}$, тис. грн/км

Кількість головних колій	Категорія трудомісткості будівництва			
	I	II	III	IV
Одна	281	314	347	397
Дві	364	397	463	512

Таблиця Д.6.6

Вартість пристроїв СЦБ і зв'язку $K_{зв}$, тис. грн/км

Кількість головних колій	Тепловозна тяга		Електрична тяга	
	Автобло- кування	Диспет- черська централізація	Автобло- кування	Диспет- черська централізація
Одна	689	730	743	752
Дві	886	930	927	938

Таблиця Д.6.7

Вартість пристроїв енергетичного господарства $K_{ез}$, тис. грн/км

Кількість головних колій	Електрична тяга		Тепловозна тяга
	Змінний струм	Постійний струм	
Одна	1670	1802	463
Дві	2612	2761	612

Таблиця Д.6.8

Вартість будинків житлово-цивільного призначення $K_{жс}$,
тис. грн/км

Кількість головних колій	Потрібна провізна спроможність, млн т/р., на 5-й рік експлуатації			
	5	10	15	30
Одна	<u>1834</u> 2479	<u>2181</u> 2843	<u>2975</u> 3868	-
Дві	-	-	<u>3851</u> 4727	<u>4661</u> 5669

Примітка. У чисельнику – при тепловозній тязі, у знаменнику – при електричній.

Таблиця Д.6.9

Будівельна вартість роздільних пунктів k_{pn} , тис. грн/км

Тип роздільного пункту	Кількість бокових колій	Тяга					
		Електрична, змінного струму		Електрична, постійного струму		Тепловозна	
		$L_{по}=850$ м	$L_{по}=1050$ м	$L_{по}=850$ м	$L_{по}=1050$ м	$L_{по}=850$ м	$L_{по}=1050$ м
Роз'їзд, обгінний пункт	2	6496	7124	6612	7240	5223	5653
	3	8480	9505	8662	9670	6629	7306
Проміжна станція (одноколійна лінія)	4	27754	28977	27985	29209	25588	26465
	5	30481	32068	30779	32366	27556	28580
Проміжна станція (двоколійна лінія)	5	32498	34184	32796	34482	29407	30597
	6	35225	37275	35589	37639	32796	32713

Укрупнені норми для визначення витрат з пробігу одного поїзда за показниками траси

Серія ЛОКОМОТИВА	Маса состава брутто, т	Норма витрат, грн			
		$C_{ПК}^o$	А	Б	В
1	2	3	4	5	6
ВЛ10, ВЛ11	4 000	35	5	6	18
	5 000	42	5	7	22
	6 000	48	6	9	25
	7 000	55	7	10	28
	8 000	62	8	11	31
	10 000	75	10	14	37
ВЛ11 (3 секції)	4 000	37	5	7	19
	5 000	44	6	8	23
	6 000	51	7	9	26
	7 000	58	8	11	30
	8 000	65	9	12	33
	10 000	79	10	15	40
ВЛ80 ^v	3 000	26	3	5	13
	4 000	33	4	6	16
	5 000	39	5	7	20
	6 000	46	6	8	23
	7 000	52	7	9	26
	8 000	59	8	11	29
	9 000	65	8	12	32
ВЛ80 ^R	3 000	26	3	5	13
	4 000	33	5	6	16
	5 000	40	5	7	20
	6 000	47	6	9	23
	7 000	53	7	10	26
	8 000	60	8	11	30

1	2	3	4	5	6
ВЛ80 ^с (2 секції)	3 000	26	3	5	12
	4 000	33	4	6	16
	5 000	40	5	7	19
	6 000	46	6	8	22
	7 000	53	7	10	25
	8 000	59	8	11	28
	9 000	65	8	12	31
ВЛ80 ^с (3 секції)	3 000	27	4	5	13
	4 000	35	5	6	17
	5 000	42	5	8	20
	6 000	49	6	9	23
	7 000	56	7	10	27
	8 000	62	8	11	30
	9 000	69	9	13	33
ВЛ82	3 000	26	3	4	12
	4 000	33	4	6	15
	5 000	39	5	7	19
	6 000	46	6	8	21
ВЛ82	7 000	52	7	10	25
	8 000	59	8	11	28
	9 000	65	8	12	31
2ТЭ10М	3 000	30	5	6	16
	4 000	38	6	8	20
	5 000	45	7	9	25
	6 000	52	8	11	28
	7 000	59	9	12	32
	8 000	66	11	14	35
	9 000	73	11	15	38
3ТЭ10М	4 000	42	7	9	23
	5 000	48	8	10	26
	6 000	56	9	11	27
	7 000	63	10	13	34
	8 000	70	11	14	38
	10 000	84	13	18	45
	12 000	98	16	21	53

Продовження дод. 7

1	2	3	4	5	6
2ТЭ116	4 000	37	6	7	20
	5 000	45	7	9	23
	6 000	52	8	10	27
	7 000	59	9	12	31
	8 000	27	4	5	13
	9 000	35	5	6	17

Норми експлуатаційних витрат

Таблиця Д.8.1

Норми експлуатаційних витрат k_i з утримання роздільних пунктів, тис. грн, на 1 роздільний пункт

Тип роздільного пункту	Число станційних колій	Електрична тяга		Тепловозна тяга	
		$l_{no} = 850$ м	$l_{no} = 1050$ м	$l_{no} = 850$ м	$l_{no} = 1050$ м
Роз'їзд	2	<u>731</u> 424	<u>769</u> 462	<u>716</u> 409	<u>751</u> 443
	3	<u>872</u> 565	<u>928</u> 621	<u>849</u> 542	<u>901</u> 593
Обгінний пункт	2	<u>872</u> 565	<u>916</u> 615	<u>857</u> 549	<u>898</u> 596
	3	<u>993</u> 752	<u>1112</u> 827	<u>1021</u> 730	<u>1078</u> 799
Проміжна станція (одноколійна лінія)	4	<u>1919</u> 1698	<u>2187</u> 1966	<u>1787</u> 1566	<u>2027</u> 1805
	5	<u>2078</u> 1857	<u>2366</u> 2145	<u>1946</u> 1725	<u>2205</u> 1984
Проміжна станція (двоколійна лінія)	4	<u>2201</u> -	<u>2489</u> -	<u>2069</u> -	<u>2328</u> -
	5	<u>2360</u> -	<u>2667</u> -	<u>2230</u> -	<u>2507</u> -

Примітка. У чисельнику – при централізованому керуванні стрілками, у знаменнику – при диспетчерській централізації.

Таблиця Д.8.2

Норми експлуатаційних витрат $k_{п}$ з утримання постійних пристроїв, пропорційних довжині лінії, тис. грн, на 1 км

Кількість головних колій	Тяга		
	Електрична змінного струму	Електрична постійного струму	Тепловозна
Одна	203	228	125
Одна з двоколійними вставками	225	251	148
Дві	235	261	158

Предметний покажчик

А		Б	
Автоблокування	43	Бандаж	24
Акведук	45	Бар'єрні місця	67
Алгебраїчна різниця	57	Басейн	48
Арифметична сума	57	Безстикова колія	12
		Блокування	
		напівавтоматичне	43
В		Г	
Вантажонапружність	62	Гальмівний спуск	57
Вантажопідйомність	13	Гальмівні сили	21, 24
Вартість перевезень	63	Геодезична лінія	32, 37
Виїмка	37	Гідрографічна сітка	33
Відмітка землі	42	Горизонталь	35, 38
Вільний хід	34, 37	Графік	28
Вісь	13		
Водорозділ	32		
Водосховище	32		
Водозбір	48		
Водотік	48		
Д		Е	
Діаграма	27, 28	Еквівалентний ухил	16, 45
Довжина вагона	11	Експлуатаційні	
Додатковий опір		витрати	53, 62
руху	12, 16	Екстрене гальмування	27
Дохідна ставка	62	Електровоз	11
Дюкер	45		
І		З	
Інвестиції	61	Зупинка	58
Інвестиційний проект	60		
Інтегральний ефект	61		
Інтервал	13, 21		
Інфляція	60		
Інформаційна база	60		
Ітерації	45		

К		Л	
Камеральне		Ланкова колія	12
трасування	32	Лог	51
Капітальні вкладення	62	Локомотив	14
Карта	50	Лоток	47
Категорія вагона	13		
Кінетична енергія	12		
Колодки	24		
Конструкційна швидкість	14		
Кордон	33		
Косогір	39		
Крива	27		
М		М	
Магістральний хід	34	Мости	45
Маса бруто	13	Мости збірні	47
Маса нетто	15	Мости пальово- естакадні	47
Масштаб	34	Мости стояково- естакадні	47
Межа	42	Мостовий перехід	59
Мережа	20		
Міжколійя	54		
Н		О	
Напіввиїмка	66	Ордината	27
Напружений хід	34, 36	Орографічна сітка	33
Насип	59	Основна площадка	54
Номограма	48	Основний опір	12
Норма дисконту	62		
П		П	
Перегін	53	Позатранспортний ефект	62
Перешкода	32	Порівняльний економічний ефект	63
Питомі сили	11	Прибуток	62
Пікет	34	Приймально-відправні колії	19
План лінії	34	Профіль	35, 36
Повітряна лінія	34		
Повні сили	11		

Р		С	
Радіус кривої	17, 35	Сигналізація	44
Режим гальмування	21	диспетчерська	44
Режим тяги	11, 21	Сигналізація	
Режим холостого	11, 21,	електрична	44
ходу	24	Сигналізація ручна	44
Резерв	40	Службове	
Рівнодійна сила	21	гальмування	26
Робоча відмітка	61	Спроможність	56
Роздільний пункт	19	Спуск	27
Розрахункова швидкість	13	Станція	38
Русло	48	Стереомодель	32
		Стрілка	44
		Схил	48
Т			
Тангенс	39	Труби овоїдальні	45
Тепловоз	12	Труби прямокутні	45
Топографія	32	Трудомісткість	53
Точка перетину	32	Тунельне	
Траса	32	перетинання	59
Трасування	32	Тяга	
Труби	45	Тяга електровозна	57
Труби круглі	45	Тяга тепловозна	57
Труби металеві	45	Тягові розрахунки	11
У		Ч	
Ухил	12	Чистий дисконтований	
		дохід	61
Ф		Ш	
Фіксована точка	40	Швидкість	13, 27
Фільтруючий насип	45	Шкала	51
		Шлях	27
Ц			
Циліндр	27		