



**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ
УКРАЇНИ**

**УКРАЇНЬСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ВИШУКУВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Міністерством освіти та науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних
закладів, які навчаються за спеціальністю
«Залізничні споруди та колійне господарство»*

Харків 2010

УДК 625.113

Вишукування та проектування залізниць: Навч. посібник / В.М. Астахов, Н.В. Белікова, Є.І. Галагуря та ін. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 125 с.

У навчальному посібнику викладено такі технологічні операції: трасування, проектування плану та поздовжнього профілю, тягові розрахунки, розрахунки обсягів робіт, розрахунки будівельної вартості та експлуатаційних витрат. У додатках до посібника наведені всі необхідні довідкові дані.

Іл. 17, табл. 49, бібліогр.: 8 назв.

Колектив авторів:

В.М. Астахов, Н.В. Белікова, Л.П. Ватуля,
Є.І. Галагуря, Г.М. Челядінов

*Рекомендовано Міністерством освіти та науки України як
навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за спеціальністю
«Залізничні споруди та колійне господарство»
(№ 1/11-8437 від 09.09.2010 р.).*

Рецензенти:

проф. М.Б. Курган (ДНУЗТ),
проф. В.П. Кожушко (ХНАДУ)

ISBN 978-966-2033-34-2

© Українська державна академія
залізничного транспорту, 2010

Астахов В.М. Белікова Н.В. Ватуля Л.П.
Галагура Є.І. Челядінов Г.М.

ВИШУКУВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск В.Г. Мануйленко

Редактор Ібрагімова Н.В.

Коректор Вайдич О.М.

Підписано до друку 18.11.2010 р.

Формат паперу 60x84. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 2,25. Обл.-вид. арк. 2,5.

Замовлення № 159. Тираж 300. Ціна договірна.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Друк. ТОВ «Енергозберігаючі технології»

61050, Харків, Харківська набережна, 8.

Свідоцтво про реєстрацію ДК № 1360 від 19.05.03 р.

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Аналіз вихідних даних. Визначення категорії та основних параметрів залізниці, яка проектується	6
Контрольні питання для самопідготовки	7
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 при рушанні поїзда з місця	17
2.1.4. Додатковий питомий опір руху поїзда від кривої	18
2.1.5. Додатковий питомий опір руху поїзда від ухилу	19
2.2. Розрахунки маси й довжини состава	19
2.3. Діаграма питомих рівнодіючих сил	23
2.3.1. Розрахунок питомих рівнодіючих сил у режимі тяги	24
2.3.2. Розрахунок питомих рівнодіючих сил у режимі холостого ходу	26
2.3.3. Розрахунок питомих гальмівних сил у режимі гальмування	27
2.4. Визначення допустимих швидкостей за гальмами	30
Контрольні питання для самопідготовки	35
3. Трасування нових залізниць	36
3.1. Вибір напрямку й оцінка можливих варіантів проекрованої лінії	36
3.2. Трасування варіантів	38
3.2.1. Показники траси та їх аналіз	44
3.2.2. Побудова плану лінії	44
3.3. Побудова проектної лінії	46

3.4. Розміщення роздільних пунктів	48
3.5. Розміщення та вибір малих водопропускних споруд	52
Контрольні питання для самопідготовки	60
4. Техніко-економічне порівняння варіантів при проектуванні залізниць	61
4.1. Визначення будівельної вартості	61
4.2. Розрахунки експлуатаційних витрат	64
4.3. Порівняння варіантів	67
4.3.1. Характеристика варіантів. Показники для їхньої оцінки	67
4.3.2. Умови порівняння й показники порівняння варіантів інвестиційних проектів	69
4.3.3. Порівняння варіантів за вартісними показниками	71
Контрольні питання для самопідготовки	76
5. Побудова кривої швидкості й часу руху	77
5.1. Випрямлення профілю колії	77
5.2. Побудова кривої швидкості способом Липеца	78
5.3. Побудова кривої часу способом Лебедева	80
Контрольні питання для самопідготовки	81
Бібліографічний список	83
Предметний покажчик	84
Додаток 1. Загальні характеристики локомотивів	87
Додаток 2. Покілометровий час руху поїздів	88
Додаток 3. Гідравлічні характеристики водопропускних труб	98
Додаток 4. Кілометровий обсяг земляних робіт по головній колії	104
Додаток 5. Вартість будівництва	106
Додаток 6. Укрупнені норми для визначення витрат з пробігу одного поїзда за показниками траси	112
Додаток 7. Норми експлуатаційних витрат	115
Додаток 8. Умовні позначення	117

ВСТУП

Посібник «Вишукування та проектування залізниць» призначено для студентів спеціальності «Залізничні споруди та колійне господарство», які виконують курсовий проект «Проект ділянки нової залізничної лінії».

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, як трасування, проектування плану та поздовжнього профілю, тягові розрахунки, розрахунки обсягів робіт, розрахунки будівельної вартості та експлуатаційних витрат. Задача прийняття рішень під час курсового проектування обмежується порівнянням варіантів нової залізничної лінії.

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

Посібник забезпечений списком літератури, яка використовується при виконанні курсового проекту.

Вихідні дані для виконання курсового проекту наведені в табл. 1.1, які обираються згідно з умовним кодом студента (призначається викладачем). Умовний код складається із 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 призначений 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.*

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 (табл. 1.1). До складу вихідних даних входить також карта в горизонталях з зазначенням розміру перерізу 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 згідно з ДБН В.2.3-19-2008 (табл. 1.2) [1].

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 одноколіїної залізничної лінії. Керівний ухил нової залізниці повинен обиратися відповідно до техніко-економічних розрахунків залежно від топографічних умов місцевості, об'єму і темпів зростання перевезень на перспективу у взаємозв'язку з розрахунковою масою поїздів, потужністю локомотивів і основних параметрів залізниці, яка проектується, а також з урахуванням основними параметрами існуючої залізниці, до якої примикає лінія, що проектується. На нових залізничних

лініях у відповідності ДБН [1] 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.

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

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?

Таблиця 1.1

Вихідні дані для виконання курсового проекту

№ п/п	Найменування вихідних даних	Варіант				
		1	2	3	4	5
1	Локомотив	ВЛ-10	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 повновантажності 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	ланкова	безстик.	ланкова	безстик.	ланкова
5	Розрахункова вантажна напруженість млн т км/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	НАБ	АБ	НАБ	АБ	НАБ
7	Число 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	Глина	Супісь	Глина	Супісь	Глина
10	Товщина сніжного покриву	15	10	5	20	5

Продовження табл. 1.1

№ п/п	Найменування вихідних даних	Варіант				
		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 повно- вантажності 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 т км/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	Число 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	Супісь	Глина	Супісь	Глина	Супісь
10	Товщина сніжного покриву	10	15	20	5	10

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

Таблиця 1.2

Категорія залізничних ліній	Призначення залізниці	Розрахункова річна наведена 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 їх 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.

2. Тягові розрахунки

Тягові розрахунки – це складова частина 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. Згідно з 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 обороту локомотивів та ін.).

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

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

Норми тягових розрахунків, значна частина яких отримана експериментально, наводяться в Правилах тягових розрахунків для поїзної роботи (ПТР) [2].

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 кілоньютон (Н/кН) (вага поїзда вимірюється в кілоньютонах, оскільки маса поїзда вимірюється в тоннах).

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

Під *основним* мають 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 [2] залежно від швидкості руху V , км/год, і конструкції колії:

– для електровозів і тепловозів у режимі тяги на ланковій колії

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

– у режимі холостого ходу

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

При умовах руху по безстиковій колії через відсутність втрат кінетичної енергії від ударів на рейкових стиках значення коефіцієнтів при V і V^2 менше, ніж у формулах (2.1) і (2.2):

– для електровозів і тепловозів у режимі тяги на безстиковій 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 визначається за формулами, наведеними в роботі [2].

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

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

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 приходить 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;

$$q_{бр}(i) = q_T(i) + \beta q_{сп}(i), \quad (2.7)$$

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

$q_{сп}(i)$ – вантажопідйомність вагона i -ї категорії,
 визначається за табл. 2.2;

β – коефіцієнт повновантаженості вагонів.

Таблиця 2.1

Тип вагонів	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 роликівих підшипниках	3	0,1	0,0025	3	0,09	0,002
8-вісні на роликівих підшипниках	6	0,038	0,0021	6	0,26	0,0017
пасажирські вагони						
суцільнометалеві на роликівих підшипниках	8	0,18	0,003	8	0,16	0,0023

Таблиця 2.2

Число осей вагона	Маса порожнього вагона q_T , т	Вантажопідйомність вагона $q_{сп}$, т.	Довжина вагона $l_в$, 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

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

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^I й у режимі холостого ходу ω_X^I проводять для інтервалу швидкостей руху від 10 км/год до конструкційної швидкості V_K локомотива із кроком у 10 км/год, включаючи значення V_p для розрахункової швидкості руху локомотива. Всі розрахунки подають у табличній формі (табл. 2.3). Конструкційну й розрахункову швидкість руху локомотива визначають по [2] або за табл. Д.1.1.

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^I й у режимі холостого ходу ω_X^I від швидкості.

Таблиця 2.3

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

Приклад виконання курсового проекту

Визначаємо масу брунто вагонів:

4-вісного

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

8-вісного

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

Визначаємо масу, яка приходить 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

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

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

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

Виконаємо перевірку

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

Визначимо 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 состава й локомотива наведені в таблиці.

$V,$ $\frac{\text{км}}{\text{год}}$	$\omega_{0(4)}^{\text{II}}$, ковз, $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$	$\alpha_4 \omega_{0(4)}^{\text{II}}$, ковз, $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$	$\omega_{0(8)}^{\text{II}}$, $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$	$\alpha_8 \omega_{0(8)}^{\text{II}}$, $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$	ω_0^{II} , $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$	ω_0^{I} , $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$	ω_x^{I} , $\frac{\text{Н}}{\text{кН}}$
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 при русанні 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 роликівих підшипниках

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

При 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 прослизання коліс по рейках. Питомий додатковий опір руху поїзда в кривій визначають за формулами:

- при довжині поїзда менше або такий, що дорівнює довжині кривої,

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

- при довжині поїзда більше, ніж довжина кривої,

$$\omega_r = \frac{12,2 \sum \alpha^o}{l_n} , \quad (2.14)$$

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 позитивно.

У тягових розрахунках прийнято виражати додатковий питомий опір від кривої через еквівалентний підйом i_3 , тоді

$$\omega_r = i_3. \quad (2.15)$$

2.1.5. Додатковий питомий опір руху поїзда від ухилу

Додатковий опір руху від ухилу для всіх видів рухомого состава приймають таким, що дорівнює числу 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 позитивно. 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 [2];

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 [2];

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

Згідно з Правилами тягових розрахунків [2] 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 руху 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 русі з місця, Н [2];

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

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

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

Далі визначимо масу поїзда за формулою

$$Q_n = Q_{бр} + P. \quad (2.19)$$

Довжину состава визначимо за формулою

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

де n_i – число вагонів i -ї категорії;

l_i – довжина вагона i -ї категорії, м.

Число вагонів i -ї категорії

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

Довжина состава:

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

де m_l – число локомотивів;

l_l – довжина локомотива, м.

Довжини локомотивів і вагонів визначають за роботою [2].

Потрібна довжина приймально-відправних колій

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

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

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

Визначимо масу состава:

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

Згідно з роботою [2] масу зменшуємо на 5 % і округляємо в більший бік кратно 50 т, у результаті $Q=2500$ т.

Визначимо 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 приймемо найменшу масу

$$Q_{бр}=2500 \text{ т.}$$

Визначимо масу поїзда

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

Визначимо 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

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

Визначимо довжину состава

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

Визначимо довжину поїзда

$$l_n = 535 + 33 = 568 \text{ м.}$$

Визначимо потрібну довжину приймально-відправних колій

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

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

Визначимо вагу нетто состава

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

Визначимо відношення ваги нетто до ваги бруто

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

2.3. Діаграма питомих рівнодіючих сил

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

– *режим тяги* – двигуни локомотива ввімкнені, рівнодіюча сила дорівнює різниці сил тяги й сумарного опору руху;

– *режим холостого ходу* – двигуни ввімкнені, рівнодіюча дорівнює сумарному опору при холостому ході;

– режим гальмування – двигуни вимкнені й ввімкнені гальма, рівнодіюча сила дорівнює сумі опору руху при холостому ході й гальмівної сили.

Розрахунок питомих рівнодіючих сил роблять 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 рівнодіючих сил у режимі тяги

У режимі тяги питомі рівнодіючі 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 рівнодіючих сил у режимі тяги виконують у табличній формі, при цьому значення P і Q підставляються в тоннах.

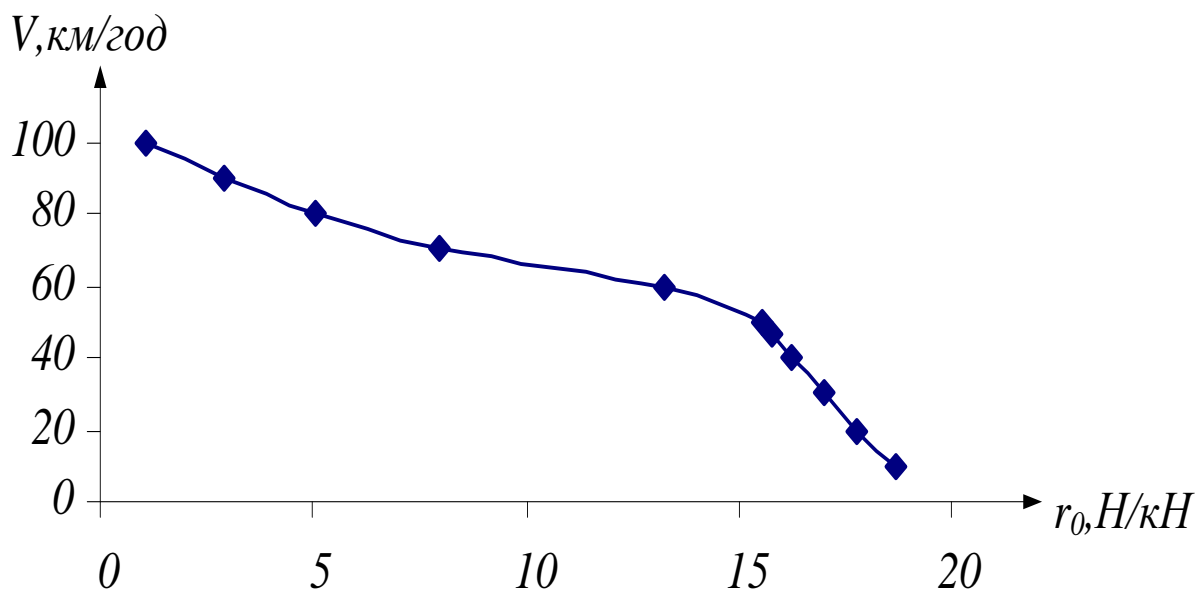
Таблиця 2.4

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 будуюмо графік залежності $r_0 = f_k - \omega_0$ від швидкості.

Приклад виконання курсового проекту

$V,$ км/год	$F_k,$ Н	$f_k,$ Н/кН	$\omega_0^I,$ Н/кН	$\omega_0^I P,$ Н	$\omega_0^{II},$ Н/кН	$\omega_0^{II} Q,$ Н	$\omega_0,$ Н/кН	$r_0,$ Н/кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9
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



Діаграма питомих рівнодіючих сил у режимі тяги

2.3.2. Розрахунок питомих рівнодіючих 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 рівнодіючих сил у режимі холостого ходу роблять у табличній формі.

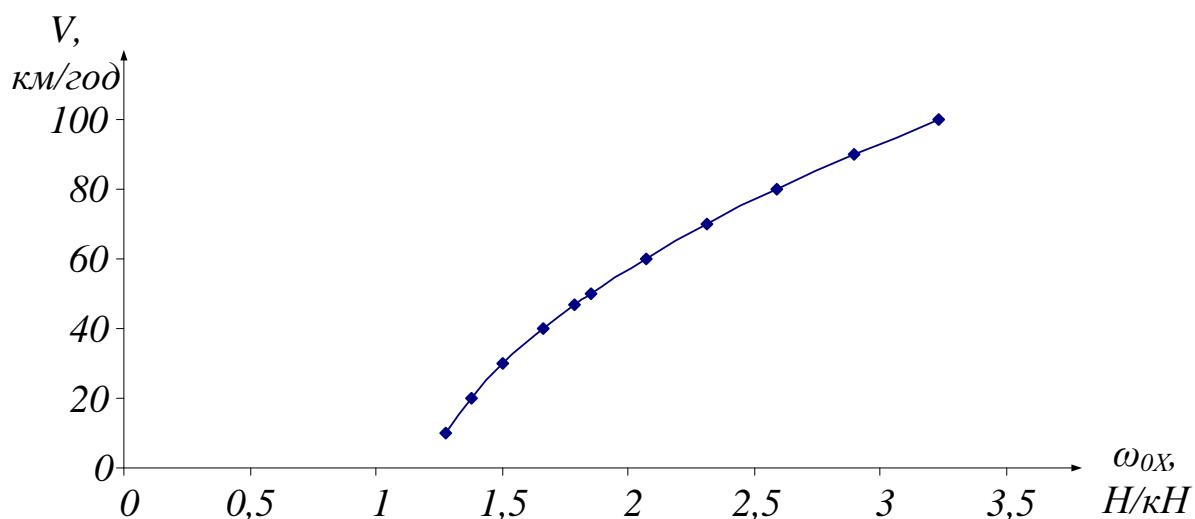
Згідно з даними графі 6 табл. 2.5 будемо графік залежності $\omega_{0x}(V)$.

Таблиця 2.5

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

Приклад виконання курсового проекту

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
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



Діаграма питомих рівнодіючих сил у режимі холостого ходу

2.3.3 Розрахунок питомих гальмівних сил у режимі гальмування

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

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

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

v_p – розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда.

Розрахунковий коефіцієнт тертя обчислюється 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 із 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,

$$\sum K_p = \sum K_{p.в(i)} m_i n_i + \sum K_{p.л. т.о.} n, \quad (2.34)$$

де $\sum K_{p.в(i)}$ – розрахункова сила натискання колодок на вісь кожного типу вагонів у кН, визначається за табл. 3 роботи [2];

m_i – кількість осей вагонів i -ї категорії;

n_i – кількість вагонів відповідної категорії в составі;

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

$n_{т.о.}$ – число гальмових осей локомотива.

Визначення гальмівних сил виконується в табличній формі (табл. 2.6).

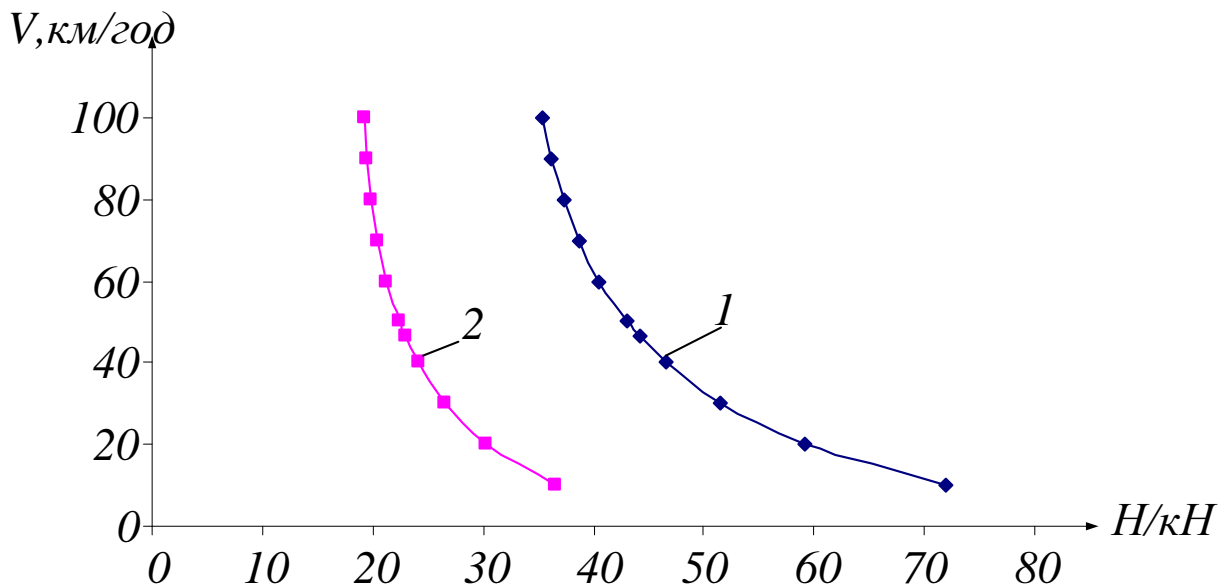
Таблиця 2.6

V, км/год	ω_{0x} , Н/кН	v_p	$\varphi_{\hat{\epsilon}\delta}$	$b_T = 1000\varphi_{кр} \cdot v_p$, 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 будуються графіки залежності питомих гальмівних сил від швидкості при екстреному (графа 6) і службовому (графа 7) гальмуванні.

Приклад виконання курсового проект

$V,$ км/год	$\omega_{0x},$ Н/кН	ν_p	$\varphi_{\dot{\epsilon}\delta}$	$b_T,$ 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



Діаграма питомих гальмівних сил під час екстреного (1)
і службового (2) гальмування

2.4. Визначення допустимих швидкостей за гальмами

У практиці тягових розрахунків поряд 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_∂ . 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 поїздів і пасажирських, які рухаються із швидкістю не більше 100 км/год, приймають 1000 м, якщо найбільша крутизна спусків на перегоні менше 6 ‰, і 1200 м на більш крутих спусках. Для пасажирських поїздів, які обертаються із швидкостями до 120 км/год, довжина S_m приймається (залежно від вказаних вище крутизн спусків) відповідно 1200 і 1300 м, а при швидкостях 160 км/год і більше — 1600 і 1700 м [2].

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. 2.1), 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. 2.1).

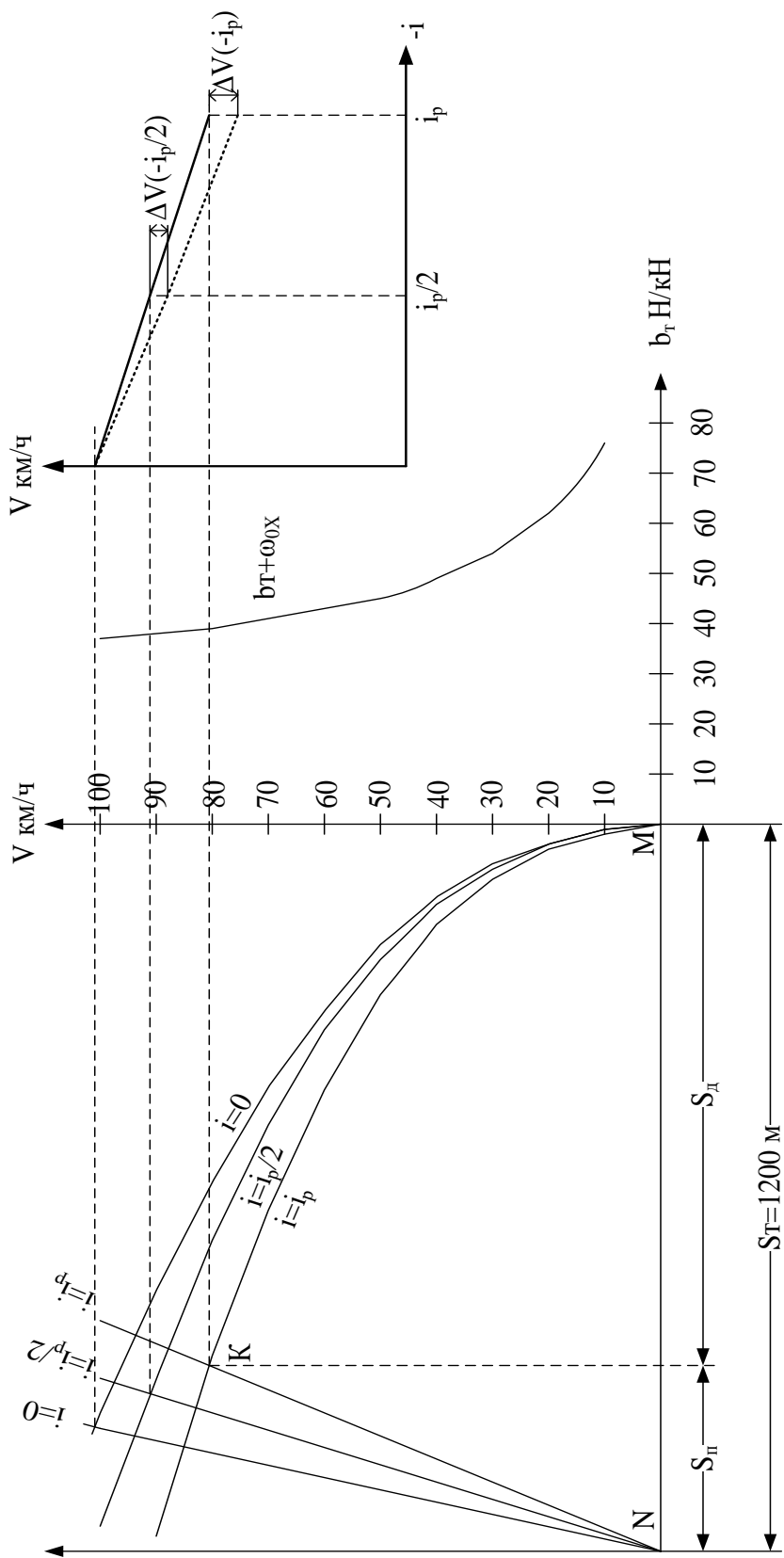


Рис. 2.1. Графічне рішення гальмівної задачі

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 екстремому гальмуванні від середньої швидкості розглянутого інтервалу з урахуванням ухилу профілю,

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

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. 2.2).

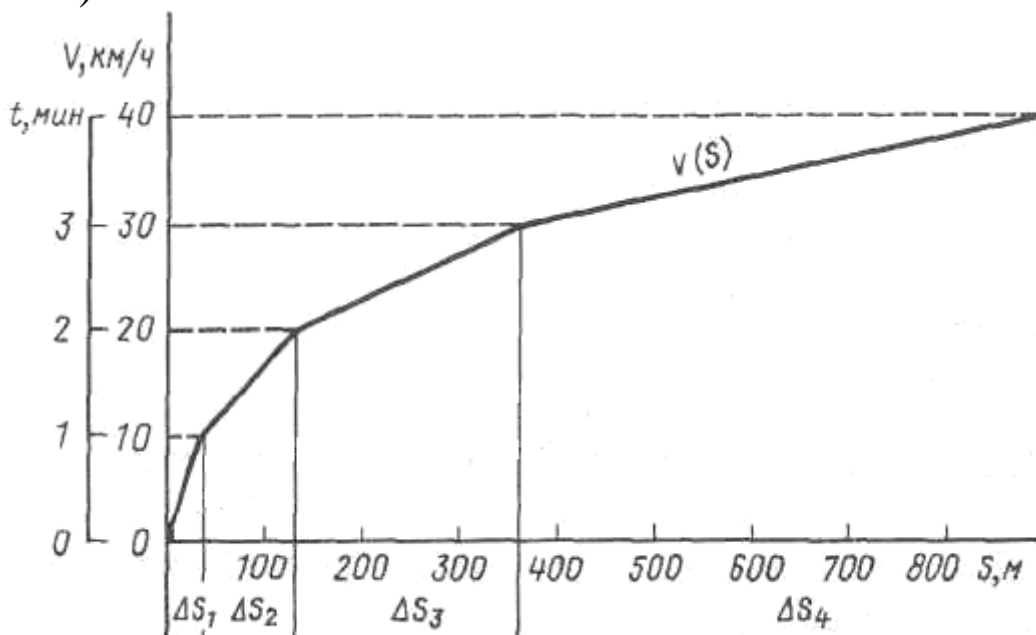


Рис. 2.2. Крива швидкості руху поїзда $V(S)$ на ділянці гальмування

На цьому ж кресленні будується й крива $S_n(V)$ з точки N вправо до перетинання із кривою $V(S)$ (точка K, рис. 2.1). Положення точки N визначається величиною розрахункового гальмівного шляху S_m , який у відповідно до роботи [2] приймаємо для спусків крутизною 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 достатньо 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 їх основі побудувати графік залежності $V(i)$.

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

- для питомих сповільнюючих сил – $1\text{Н/кН} - 1\text{мм}$;
- для шляху – $1\text{км} - 120\text{мм}$;
- для швидкості $1\text{км/год} - 1\text{мм}$.

При визначенні швидкості руху поїзда на затяжних спусках довжиною до 10км 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 [2]. На затяжних спусках довжиною більше 10км або крутістю більше 18‰ швидкість руху визначається, використовуючи відповідні діаграми сповільнюючих сил.

Приклад виконання курсового проект

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

$$i=0; t_n = 7 - \frac{10 \cdot 0}{39,76} = 7 \text{ с};$$

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

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

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

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

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

Контрольні питання для самопідготовки

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 руху 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 дороги й будівельним вимогам.

Трасування залізничної лінії являє собою досить складну задачу, яка 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, перш ніж приступити до трасування лінії, необхідно вивчити відповідні розділи підручників [3] (розд. 3, 4), або [4] розд. 4, 5), а також будівельні норми й правила [1].

3.1. Вибір напрямку й оцінка можливих варіантів проектованої лінії

Вибір напрямку починається з прокладання повітряної лінії (геодезичної лінії), тобто прямою між початковою й

кінцевою точками траси. Повітряну лінію викреслюють на карті за допомогою лінійки.

Основне призначення повітряної прямої:

- оцінка складності рельєфу на найкоротшому напрямку й поруч у полосі варіювання;

- встановлення місця розташування попутних долин і водорозділів;

- взаємна оцінка точок перетинання висотних перешкод (хребтів і рік) за віддаленням їх від повітряної прямої, тобто за подовженням 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 призначення 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, межі 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 наступними основними показниками, які заносяться до табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Найменування показника	Вимірювач	Варіант			
		1	2	3	4
Довжина геодезичної лінії L	км				
Довжина варіанта L_{ϵ}	км				
Коефіцієнт розвитку лінії $\lambda = L_{\epsilon}/L$					
Середньозважений ухил	‰				
Сума подоланих висот					
- туди	м				
- назад	м				
Кількість водопропускних споруд					
- великих	шт.				
- малих	шт.				

Проаналізувавши дані показники, вибирають два найбільш конкурентно-спроможних 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 повинне 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 показані 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 більше коротку трасу всієї ділянки лінії.

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

де Δh – переріз горизонталей, м;
 i – ухил трасування, ‰.

Прокладання лінії нульових робіт потрібно вести з урахуванням положення траси при відповідних нормах проектування плану лінії. При нанесенні лінії нульових робіт забороняється перейти хоч би через одну горизонталь, тому що це призведе до збільшення обсягу земляних робіт на всій наступній ділянці напруженого ходу.

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).

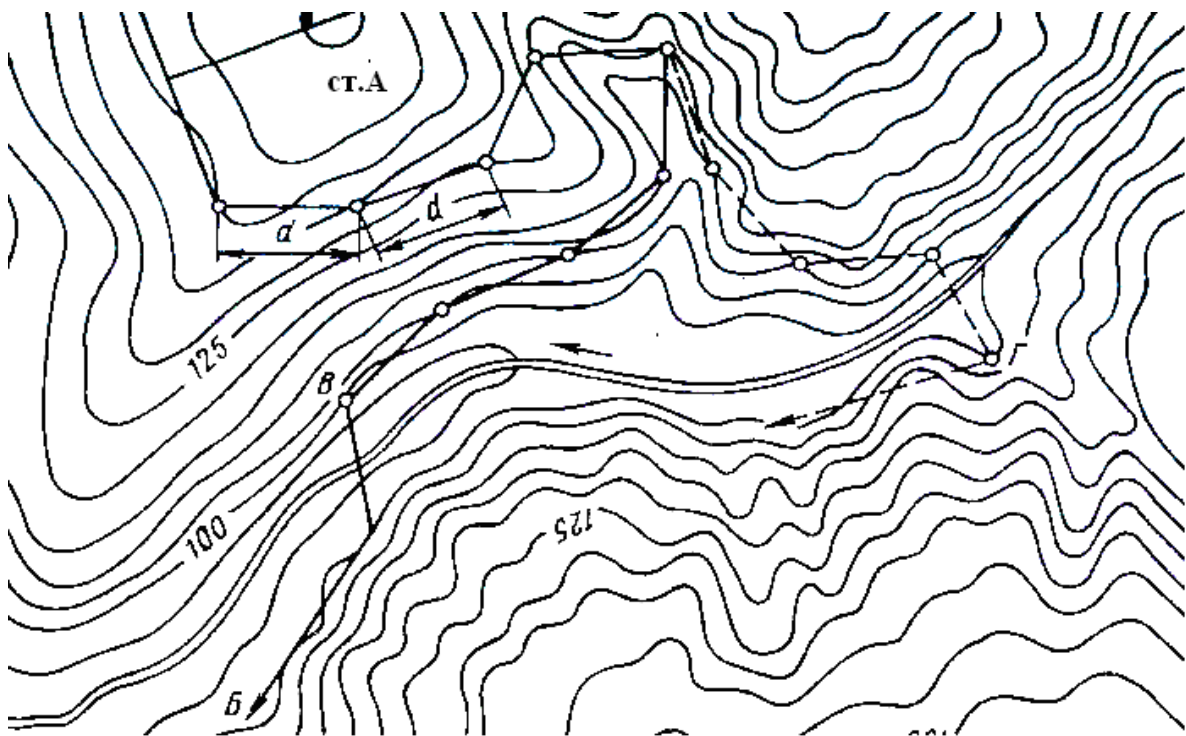


Рис. 3.1. Варіанти лінії нульових робіт

На ділянках напруженого ходу застосовують такий порядок трасування.

1. На карті, орієнтуючись на лінію нульових робіт, наносять ділянку плану траси довжиною не більш ніж 2-3 км. При цьому лінія нульових робіт спрямляється для раціонального зменшення числа 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.

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

характеризуються на профілі взаємним положенням проектної лінії і лінії поверхні землі.

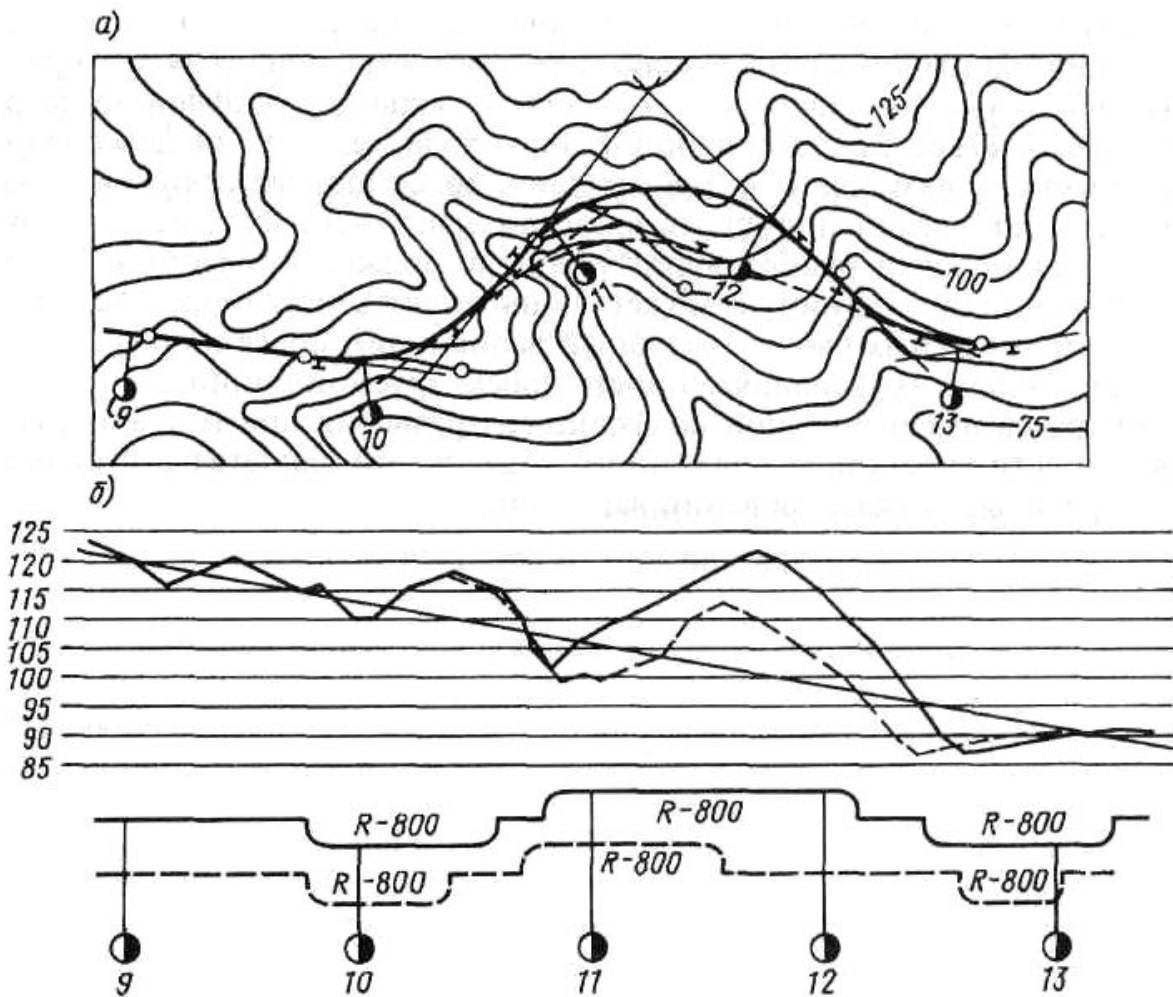


Рис. 3.2. Приклад коректування траси на ділянці напруженого ходу: а – план траси; б – поздовжній профіль; суцільною лінією – до, пунктирною – після коректування

Якщо обсяги земляних робіт на даній ділянці виявилися надмірно 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 формулами, наведеними далі. Це дозволяє уточнити положення проектної лінії (попередньо нанесеної необхідним ухилом), зм'якшуючи керівний ухил відповідно до положення кривих і значенням радіусів (див. п. 3.9 роботи [3]).

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 (див. рис. 3.3). Після цього приступають до трасування наступної ділянки.

Трасування лінії на ділянках вільного ходу відрізняється від трасування на напруженому ході наступним. Після того як на планшеті запроектована ділянка 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 ході змінюється черговість виконання перших трьох пунктів роботи. Пункти 4-6 виконуються в тій самій послідовності, що при трасуванні напружених ходів.

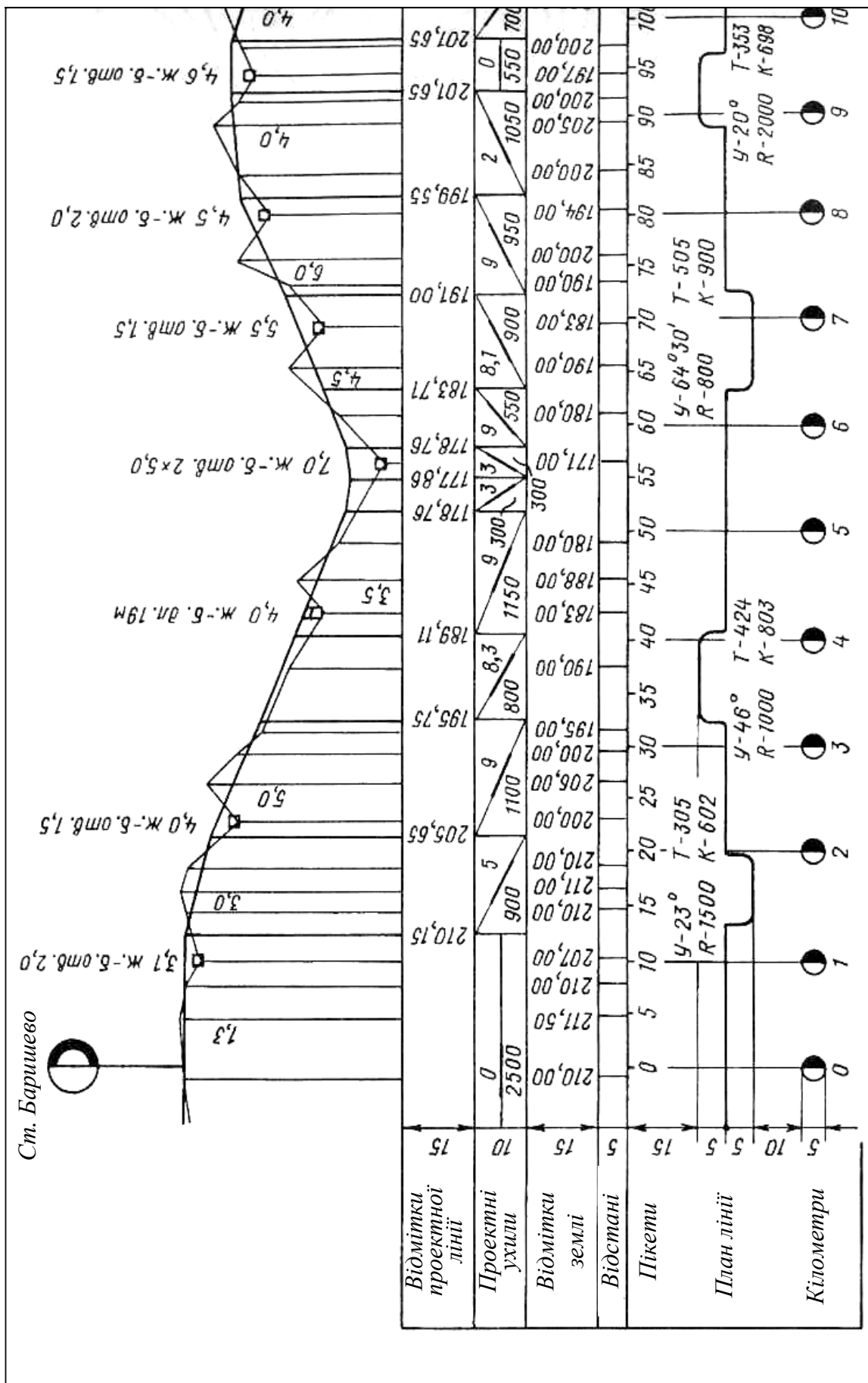


Рис. 3.3. Схематичний поздовжній профіль

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 і %.

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 рішення доцільно розглянути 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 із прямих, кривих і перехідних кривих. Величина радіуса кривої вибирається за табл. 5 ДБН [1] відповідно до конкретних умов. Прямі й криві ділянки залізниці необхідно з'єднувати за допомогою перехідних кривих, які визначаються за табл. 6 ДБН [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 до одної, необхідно врахувати розміщення перехідних кривих і прямої вставки між ними, обумовленої за табл. 7 ДБН [1]. Розрахунок головних точок кривих робимо 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 повинна дорівнювати довжині варіанта, тобто

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

Таблиця 3.2

№	Кут повороту α°	Радіус кривої $R, \text{ м}$	Тангенс кривої $T, \text{ м}$	Довжина кривої $K, \text{ м}$	Місце розташування кривих			Довжина прямої вставки $l_i, \text{ м}$
					ВК	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 l , повинна бути не менше від 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 ДБН [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 (проекованих 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 із 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, то якщо ми по горизонталі відкладемо 1 км у масштабі карти, а по вертикалі (при $M=1:1000$) кількість метрів, яка відповідає величині i напрямку ухилу в міліметрах, то лінія, яка з'єднає 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 ДБН [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, найбільш доцільну за обсягами робіт з урахуванням вимог ДБН [3], виконують таким чином:

а) нехай поздовжній профіль землі близький до площадки, тоді проектну лінію на цій ділянці бажано провести насипом, висота якої визначається із 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 варто передбачити насип висотою 2,5 – 3 м.

Якщо найкоротший напрямок траси призводить до великих обсягів земляних робіт, які зміною проектної 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 пом'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 – відстані між відмітками.

Над всіма проектними відмітками 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

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

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

ε_i , ε_ζ , ε_δ – 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	Пристрій СЦБ	Коефіцієнт зняття		
		ε_i	ε_ζ	ε_δ
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 із 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 повинна бути розташована там, де час руху буде дорівнювати

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

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

t_{pe} – 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

Для розрахунку положення осей роздільних пунктів необхідно методом сталих швидкостей визначити час ходу пари поїздів по запроєктованих елементах 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 згідно з дод. 2;

l_i – довжина розглянутого елемента поздовжнього профілю, км.

Підрахунок часу руху поїзда зручно вести в табличній формі за зразком табл. 3.6.

Таблиця 3.5

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

Таблиця 3.6

№№ елементів	Наведений ухил елемента		Довжина елемента профілю, l_i , км	Час руху на 1 км колії, хв/км			Час руху по елементу в обидва боки $(t_i' + t_i'')l_i$	Сумарний час руху $\sum (t_i' + t_i'')l_i$
	туди i_m	назад i_o		ту-ди t_i'	на-зад t_i''	в обидва боки $t_i' + t_i''$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Наведений ухил елемента поздовжнього профілю визначається із виразу

$$i_{np} = i_{\vartheta} + i_{\text{эк}}, \quad (3.15)$$

де i_{ϑ} – ухил розглянутого елемента зі своїм знаком;

$i_{\text{эк}}$ – еквівалентний ухил, який визначається за формулами (2.13) – (2.15).

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

Розрахувати ідеально час руху 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 розміщаються 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 дорогах 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, б, 3.6, а, 3.6, б), при трапецеїдальному підмостовому перерізі отвір мосту розраховують у розрахунковому рівні води).

Малі мости залежно від форми підмостового перерізу поділяються на два типи: із прямокутним перерізом (рис. 3.6, а, 3.6, б) і з трапецеїдальним (рис. 3.6, в). При будівництві нових залізниць най частіше застосовують збірні пальово- і стояково-естакадні залізобетонні мости (див. рис. 3.6, в).

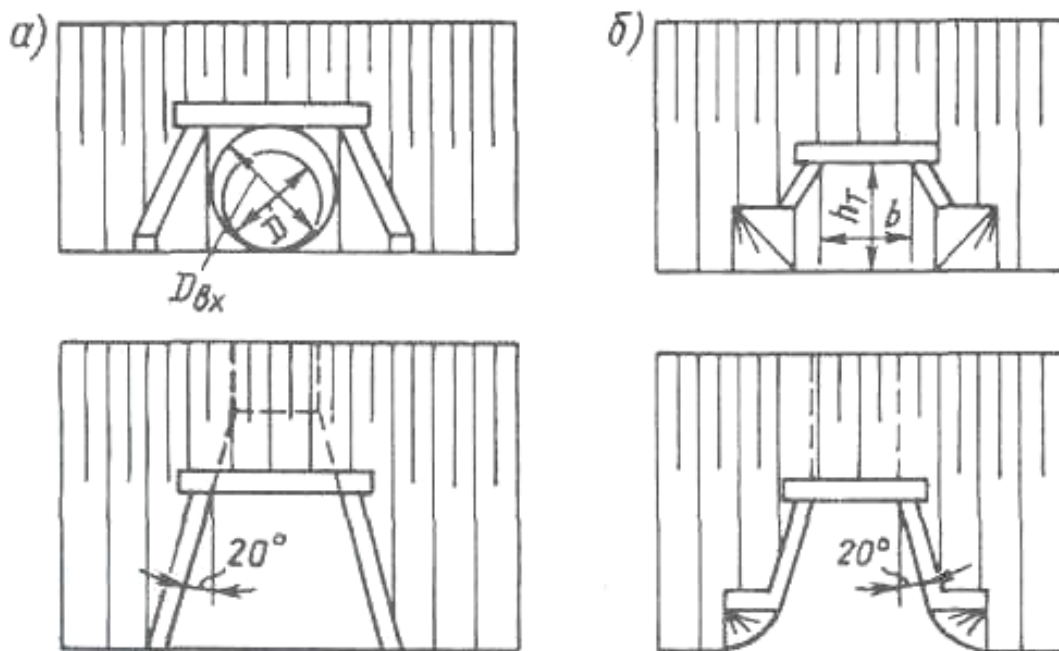


Рис. 3.4. Типи залізобетонних і бетонних труб (фасад і план):
 а – кругла з конічним і розтрубним оголовком;
 б – прямокутна з розтрубним оголовком зі зворотними
 стінками

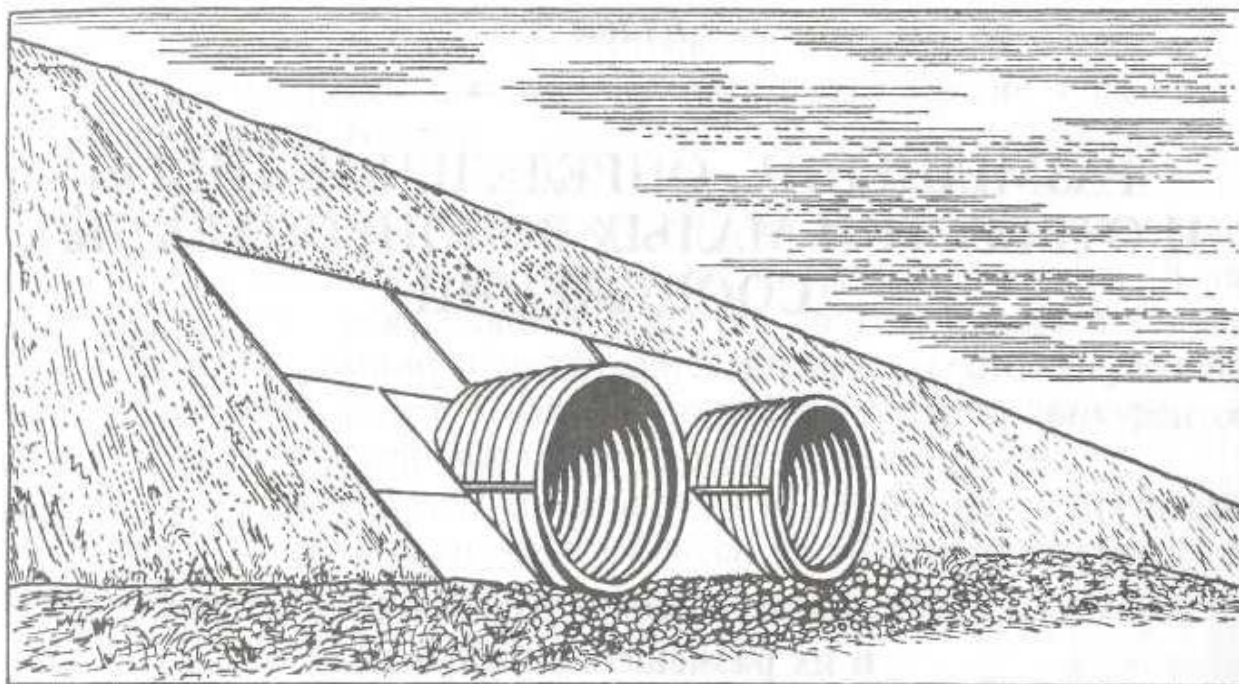


Рис. 3.5. Металева гофрована труба (двоочкова)

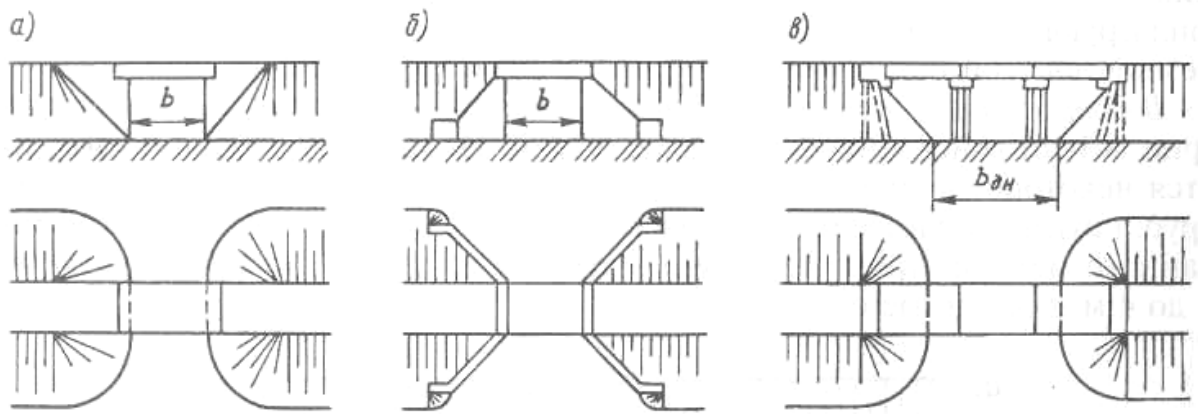


Рис. 3.6. Типи малих мостів:

- а – з масивними стояками; б – з укісними крилами;
в – естакадний з обсіпними конусами

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

Розміщення водопропускних споруд. Вода, яка тече до залізниці, повинна бути відведена від земляного полотна поздовжнім або поперечним водовідводом. Для поперечного водовідводу 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).

Пропускання води від близько розташованих один від одного водотоків (водотоки 4 і 5 на рис. 3.7) через одну споруду повинен бути обґрунтований відповідними розрахунками, які враховують витрати на спорудження і утримання водовідвідної канами. За наявності

вічномерзлих ґрунтів, льосоподібних ґрунтів селевого стоку і можливості утворення намерзлого льоду такі рішення не допускаються.

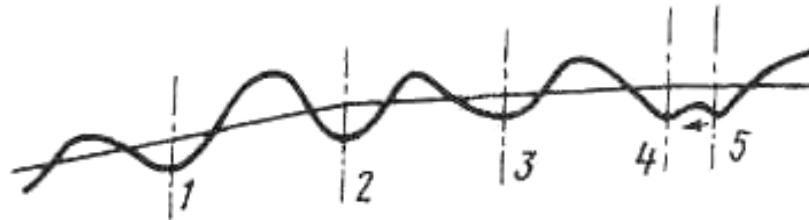


Рис. 3.7. Положення водопропускних споруд на поздовжньому профілі траси

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 дороги (рис. 3.8). Лінія, що з'єднує найбільш понижені точки водозбору, називається *логом* або *руслом*. Бічні поверхні, обмежені вододілом і руслом, називаються *схилами* водозбору.

Для вибору типу й отвору водопропускної споруди необхідно насамперед розрахувати стік з водозбору з урахуванням вимог [5, 6].

Максимальну витрату 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 лога водозбору для кожного з 10-ти зливових районів, встановлених за картою-схемою (рис. 3.10), і п'ятьма групами кліматичних районів, які визначаються за табл. 3.7.

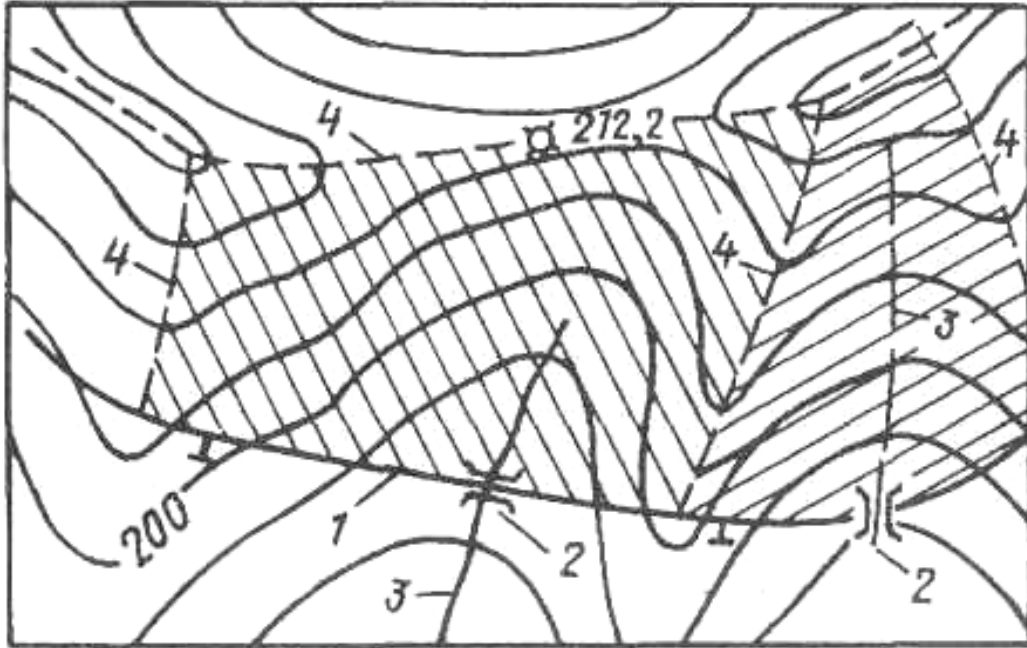


Рис. 3.8. Водозбори на карті в горизонталях:
 1 – траса дороги; 2 – водопропускні споруди;
 3 – лога; 4 – водорозділи

Для визначення витрат інших імовірностей перевищення і у випадку ґрунтів водозбору, відмінних від піщаних, витрату $Q_{ном}$, отримана за номограмою, помножують на поправковий коефіцієнт k_l (табл. 3.8).

Визначивши максимальну витрату стоку, за таблицями дод. 3 підбирають штучні споруди.

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

Таблиця 3.7

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

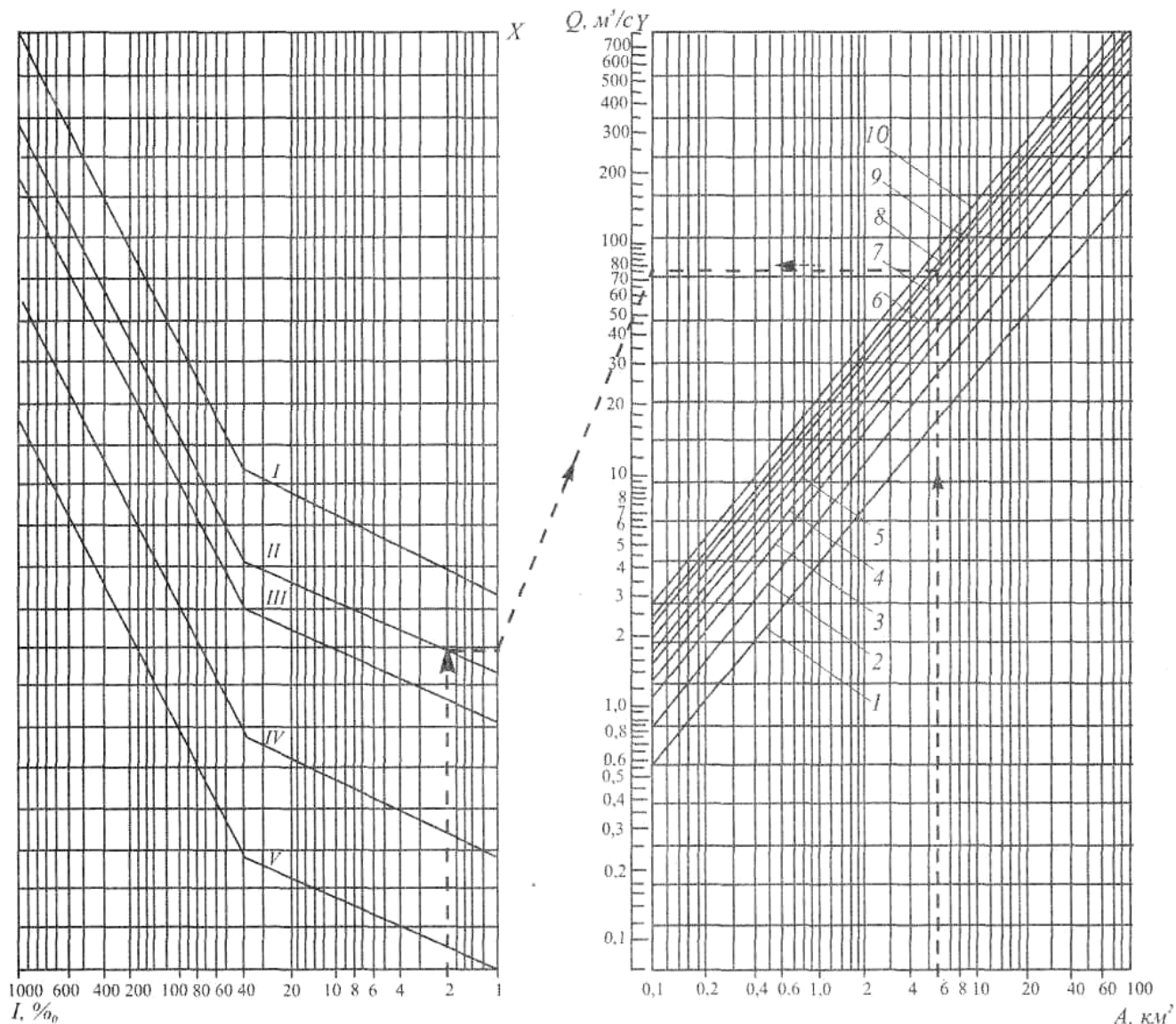


Рис. 3.9. Номограма для визначення витрат дощових паводків імовірності перевищення 1% при піщаних і супіщаних ґрунтах:
 1-10 – номери зливових районів;
 I-V – групи кліматичних районів

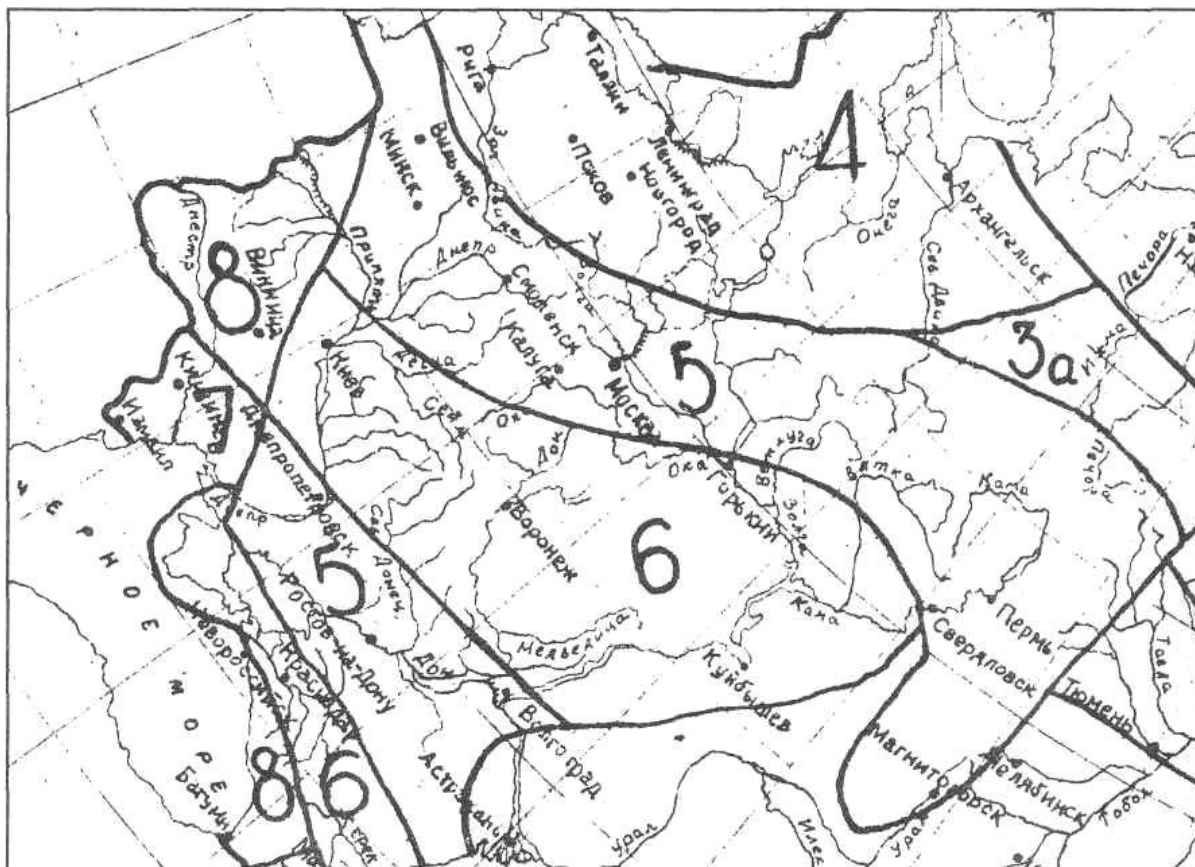


Рис. 3.10. Карта-схема районів дощових паводків (зливових районів)

Таблиця 3.8

Імовірність перевищення витрати, %	Величина коефіцієнта k_d 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

№ п/п	Розташування штучних споруд, ПК+	Площа басейну A , км ²	Довжина лога L , м	Ухил лога $I = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$	Витрата стоку Q , м ³ /с	Тип штучної споруди	Мінімальна висота насипу, м	Проектна висота насипу, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Приклад користування номограмою

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

У відповідності з картою-схемою (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 (див. рис. 3.9) знаходимо точку, що відповідає ухилу головного лога $I=2$ ‰. Через цю точку проводимо вертикаль до перерізу з лінією, що відповідає номеру групи кліматичних районів II. Через отриману точку проводимо горизонтальну пряму до перерізу зі шкалою x . Далі на шкалі A знаходимо точку, що відповідає площі басейну $A=6,0$ км², і через неї проводимо вертикальну пряму до перерізу з лінією зливового району № 8. Через отриману точку проводимо горизонтальну пряму до перерізу зі шкалою u .

З'єднуємо прямою отримані точки на шкалах x і u і в місці перетинання зі шкалою Q знаходимо витрату

$Q_{ном}=45,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Ця витрата має імовірність перевищення $P=1 \%$ і відповідає піщаним і супіщаним ґрунтам.

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

Шукана витрата дорівнює

$$Q=Q_{ном} \cdot k_{л}=45,0 \cdot 1,05=47,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Контрольні питання для самопідготовки

1. Фактори, що впливають на напрямок траси. Виявлення можливих варіантів напрямку траси, що підлягають розробленню та техніко-економічному порівнянню.

2. Виявлення та оцінка 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 із варіантів [7].

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 визначають за формулою

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

де $Q_{зр}$ – обсяг 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 разу.

Таблиця 4.1

Категорія трудомісткості будівництва	I	II	III	IV
а _{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 обсяг земляного полотна головної колії, м³;

Q_{pn} – профільний обсяг земляного полотна в межах роздільного пункту.

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

де Q_n , Q_v – обсяг масивів насипів і виїмок.

Профільний обсяг (обсяг насипів і виїмок) визначають залежно від ширини основної площадки земляного полотна й середньої відмітки масиву за дод. 4. Довжину масиву й середню робочу відмітку визначають згідно з поздовжнім профілем.

Розрахунки профільних обсягів земляного полотна головної колії ведуть у табличній формі (табл. 4.2).

У межах кожного роздільного пункту профільний обсяг земляного полотна визначають за формулою

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

де n – число приймально-відправних колій роздільного пункту;

5,3 – ширина міжколій на роздільному пункті, м;
 h – робоча відмітка, м;
 $l_{ст}$ – довжина станційної площадки, км.

Таблиця 4.2

№ масиву	Границя масиву		Вид земляного полотна (насіп Н, виймка В)	Середня робоча відмітка h , м	Кілометровий обсяг, $м^3/км$	Довжина масиву l , км	Обсяг масиву $Q_{н(в)}$, $м^3$
	ПК,+ початку	ПК,+ кінця					

Вартість штучних споруд визначають за формулою

$$K_{ис} = K_{тр} + K_{м} + K_{т}; \quad (4.6)$$

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

$K_{м}$ – вартість робіт зі спорудження мостів;

$K_{т}$ – вартість робіт зі спорудження тунелів.

Вартість верхньої будови колії визначають 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, визначають за формулою

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

де $K_{\text{нт}}$ – вартість підготовки території будівництва;
 $K_{\text{зв}}$ – вартість пристроїв зв'язку і СЦБ;
 $K_{\text{ег}}$ – вартість пристроїв енергетичного господарства;
 $K_{\text{ж}}$ – вартість будинків житлово-цивільного призначення;
 l – довжина перегону.
Вартість роздільних пунктів

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

де $k_{\text{рп}}$ – вартість одного роздільного пункту даного типу;
 $n_{\text{рп}}$ – число роздільних пунктів того самого типу.
Значення $K_{\text{тр}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{т}}$, $k_{\text{вбк}}$, $K_{\text{нт}}$, $K_{\text{зв}}$, $K_{\text{ег}}$, $K_{\text{ж}}$, $k_{\text{рп}}$ визначають за табл. дод. 5.

4.2. Розрахунки експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати визначають із виразу

$$C = C_{\text{ру}} + C_{\text{зуп}} + C_{\text{нт}}, \quad (4.10)$$

де $C_{\text{ру}}$ – витрати, пов'язані з рухом поїздів;
 $C_{\text{зуп}}$ – витрати, пов'язані з зупинками поїздів;
 $C_{\text{нт}}$ – витрати з утримання постійних пристроїв;

Витрати, пов'язані з рухом поїздів $C_{\text{ру}}$, обчислюють у такому порядку:

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

$$N_{\text{в(т)}} = \frac{\Gamma_{\text{т}} \cdot 10^6}{\eta \cdot Q}; \quad (4.11)$$

у протилежному напрямку («назад»)

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

де G_T, G_H – потрібна провізна здатність 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. Визначають 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} – число 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. Визначають 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 , B – норми витрат, які визначаються за дод. 6;

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

$\Sigma\alpha$ – 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, $i_{пбв}=3\text{ ‰}$;

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

L_c – сума довжин гальмівних спусків, км.

Негальмівні ділянки спусків визначають за табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Висота негальмівної частини спусків, м

Ухил профілю i на підході до початку спуска з ухилом, крутішим від гранично нешкідливого	Максимально припустима швидкість, км/год			
	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. Визначають 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 $C_{зуп}$, обчислюють як частку витрат, пов'язаних з рухом поїздів:

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

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

Витрати з утримання постійних пристроїв визначають 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. 7);

k_l – витрати на утримання 1 км пристроїв, пропорційних довжині лінії (дод. 7);

n_i – число роздільних пунктів i -го типу.

Таблиця 4.4

Число вантажних поїздів за добу «туди» і «назад»	K_{pz}	K_{np}	Число вантажних поїздів за добу «туди» і «назад»	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 їхньої оцінки

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 керовного 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 насипу у 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 за вирішенням поставлених перед проектом задач і в першу чергу забезпечення розрахункових розмірів вантажних і пасажирських перевезень при абсолютній безпеці руху поїздів. Крім того, всі варіанти повинні відповідати діючим будівельним нормам і бути однаковою мірою обстежені й технічно пророблені.

При порівнянні варіантів проєктованих залізниць використовують *вартісні* (грошові) і *натуральні* показники. До *вартісних* показників відносять капіталовкладення (будівельну вартість і вартість рухомого складу), експлуатаційні витрати й доходи від перевезень. *Натуральними* показниками можуть бути такі: 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; число й довжина особливо складних споруд, включаючи бар'єрні місця; енергоємність будівництва; строки будівництва);

експлуатаційні (потреба в експлуатаційних кадрах, в електроенергії (паливі) для перевізного процесу, строки доставки вантажів і пасажирів); показники, що характеризують рівень впливу дороги на довкілля 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 й експлуатаційників).

Основні варіанти проектованої залізниці 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 порівняння 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 довкілля, зниження поточних витрат виробництва, поліпшення соціального забезпечення робітників.

Розроблення варіантів і їх порівняння є одним з найважливіших етапів формування якісного

інвестиційного проекту, що має потребу у високій кваліфікації виконання й творчого підходу до вирішення поставленого перед ним завдання.

Варіанти, які порівнюються, повинні 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, повинні бути однаковими.

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

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

Варіанти інвестицій повинні мати однакове маркетингове опрацювання, однаковий підхід до оцінки 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 допускає 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, підлягають більш детальному порівнянню при більш ретельному їхньому проробленні. Після цього приймається остаточне рішення. Такий підхід забезпечує зниження трудових

витрат, але не гарантує вибір найбільш раціонального варіанта, що у загальному випадку призводить до зниження ефективності інвестицій. Опираючись на це, удосконалення методів порівняння варіантів є найважливішим завданням в області 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 наведених будівельно-експлуатаційних витрат, які служили для оцінки варіантів трас залізниць за умови забезпечення заданих вантажопотоків, і ніяк не стимулювала нарощування обсягів перевезень, тому що зазначена сума не включала у своє вираження 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 [8].

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

$$E_{\text{инт}} = \frac{R_p}{E} - K, \quad (4.20)$$

де R_p – економічний результат на 10-й рік експлуатації залізничної колії ($t=1/E=10$ при $E=0,1$);

K – капіталовкладення, млрд грн;
 E – норма дисконту, $E=0,1$;
 t – розрахунковий рік, $t=10$.

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

$$E_{inm} = [\Gamma_{10} l(1 + \gamma) \vartheta - C_{10} + E_{nz}] \frac{1}{E} - Kl, \quad (4.21)$$

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

l – довжина траси, км;

γ – коефіцієнт нерівномірності вантажних перевезень;

ϑ – дохідна ставка, грн/т км, задається національним банком на поточний рік;

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

E_{nz} – 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 п. 2 розд. 4.

Капітальні вкладення – це витрати, необхідні для будівництва ділянки залізниці, які визначаються в п. 1 розд. 4.

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

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

де Γ_{10} – розрахункова вантажонапруженість нетто у вантажному напрямку на 10-й 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/т·км*;

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

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

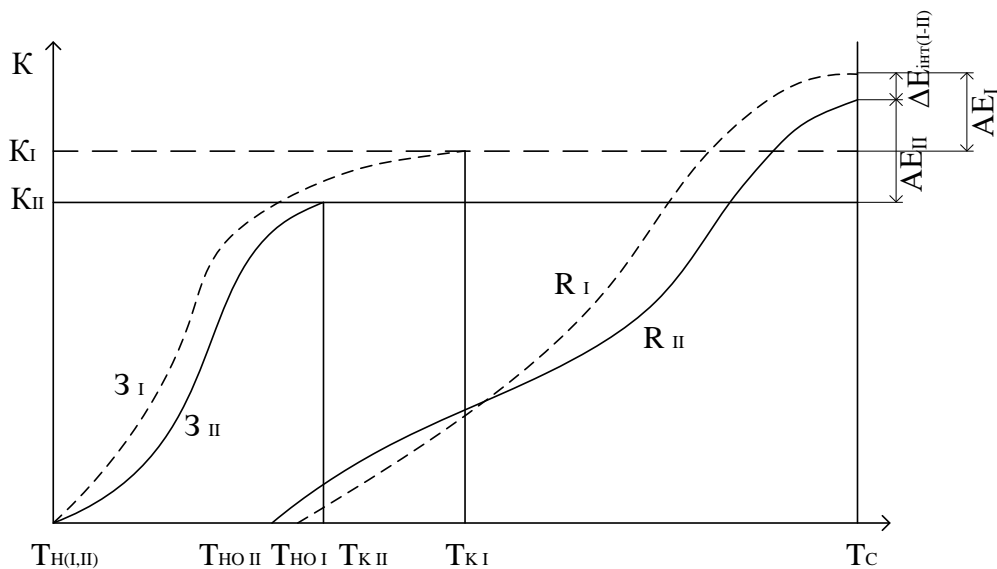


Рис. 4.1. Зміни витрат і результатів за I і II варіантами (Z , Z_{II} , R_I , R_{II}):

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 оцінки абсолютної й порівняльної ефективності; $\Delta E_{INT(I-II)}$ – порівняльний економічний ефект від зіставлення варіантів; AE_I і AE_{II} – значення абсолютного ефекту за варіантами; T_{HOI} і T_{HOII} – моменти початку окупності капітальних вкладень за варіантами

* Коефіцієнти C_A , C_3 розраховувалися за умови перевезення 60 т вантажу на відстані 1000 км за цінами, діючими на 2009 р.

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 їх основі визначався розмір капітальних вкладень у будівництво за варіантами. Показники за варіантами наведені в табл. п. 4.1. Оскільки розрахунок виконується на етапі формування інвестиційного задуму й тривалість будівництва (за схемою організації будівництва) не перевищувала трьох років, ціни використовувалися базисні. Інвестиції виконувалися у вихідний рік. Результати за часом були постійні.

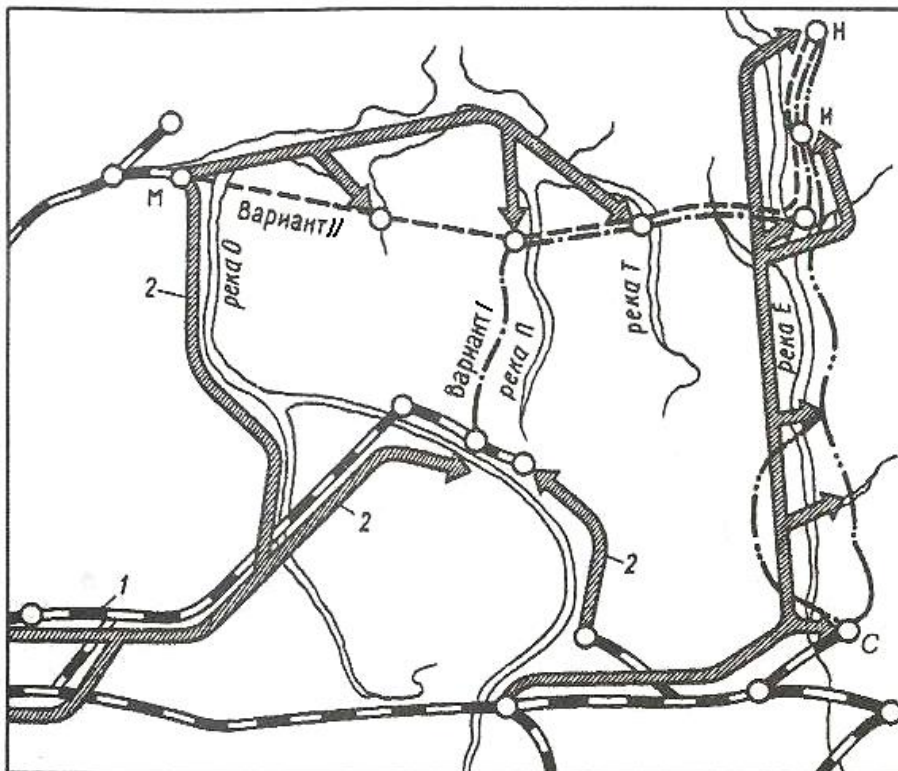


Рис. 4.2. Схема варіантів напрямків залізниць

Зважаючи на те, що інвестором виступає держава, то критерієм вибору інвестиційного рішення повинна 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 приклада виконаємо за формулою (4.21).

Показник	Варіант	
	I	II
Довжина траси L , км	200	250
Керівний ухил i_p , ‰	12	9
Розрахункова вантажна вантажонапруженість нетто у вантажному напрямку, млн т км/км: на 5-й рік експлуатації Γ_5 на 10-й рік експлуатації Γ_{10}	10 15	10 15
Дохідна ставка δ , грн /т км	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

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

Для варіанта II

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

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

Контрольні питання для самопідготовки

1. Класифікація варіантів нових залізниць і показники їхньої порівняльної оцінки.
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 руху

При побудові кривої швидкості і часу руху поїзда попередньо необхідно визначити значення допустимої швидкості руху на спусках (див. п. 4 розд. 2) і випрямити профіль колії.

5.1. Випрямлення профілю колії

При випрямленні елементів поздовжнього профілю в групу поєднаних елементів не слід включати станційні площадки й ділянки з керівним ухилом. Спрямяти 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 випрямляють. Остаточний ухил ділянки, що випрямляють, за наявності на ньому кривих визначається за формулою

$$i_{np} = \pm i_c + \omega_r. \quad (5.2)$$

5.2. Побудова кривої швидкості способом Липеца

Після випрямлення поздовжнього профілю й встановлення найбільшої допустимої швидкості руху поїзда на спусках за умов 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).

Оскільки швидкість руху поїзда збільшується, інтервал швидкості взятий у бік зростання. Знайдено точку a на діаграмі $r_0(v)$ (табл. 2.4) відповідної середньої швидкості в інтервалі. Обрано полюс побудови O_1 відповідно до величини і знака ухилу, на якому перебуває поїзд. Зазначимо, що нема необхідності щораз визначати величину рівнодіючої, 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 — досить розташувати належним чином лінійку. На рис. 5.1, в проведено перпендикуляр kl до прямої mn і знайдена шукана чергова ланка 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 $V=0$, побудовані, як вказувалося вище. Зазначимо, що відрізок кривої $V(S)$ повинен повністю перекривати черговий інтервал ΔV . Ця вимога виконувалася на перших трьох кроках побудови.

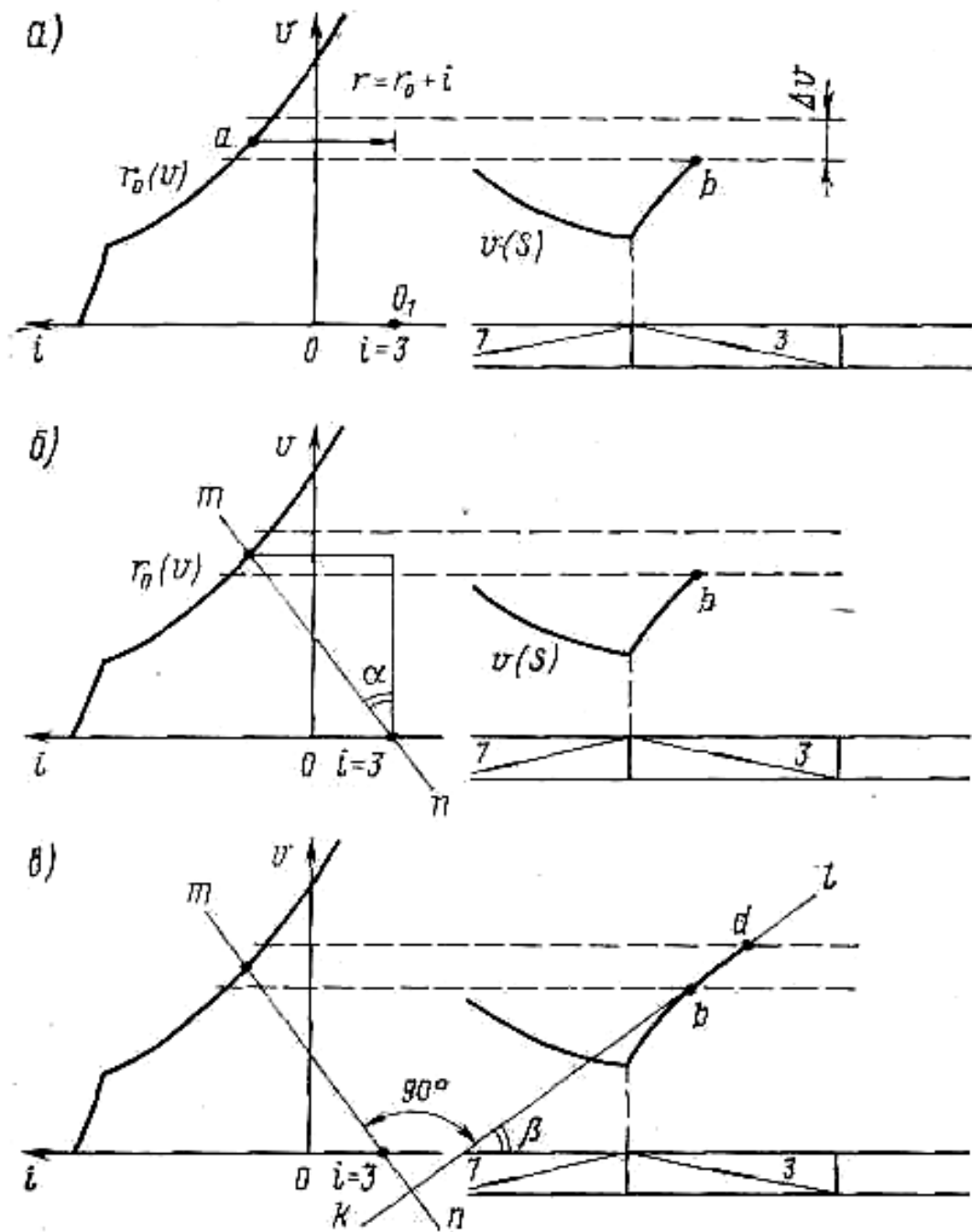


Рис. 5.1. Техніка побудови кривої швидкості за методом Липеца

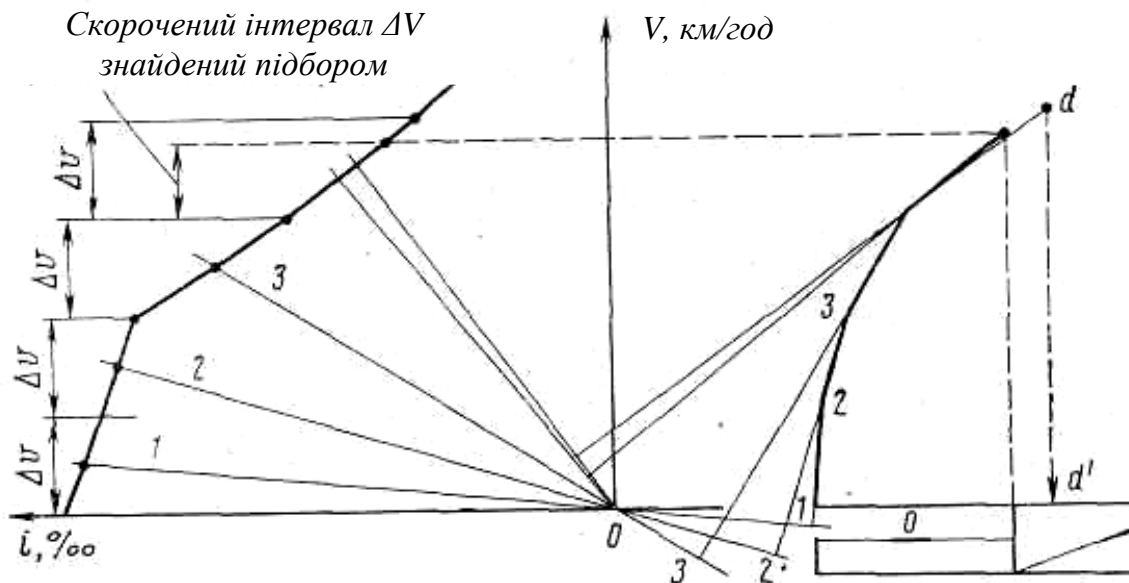


Рис. 5.2. Підбір інтервалу ΔV при переході з одного елемента профілю на інший

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 попадає 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.

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 убувати залежно від ухилів профілю ділянки.

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

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 руху визначається як сума ординат окремих ділянок кривої.

Контрольні питання для самопідготовки

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

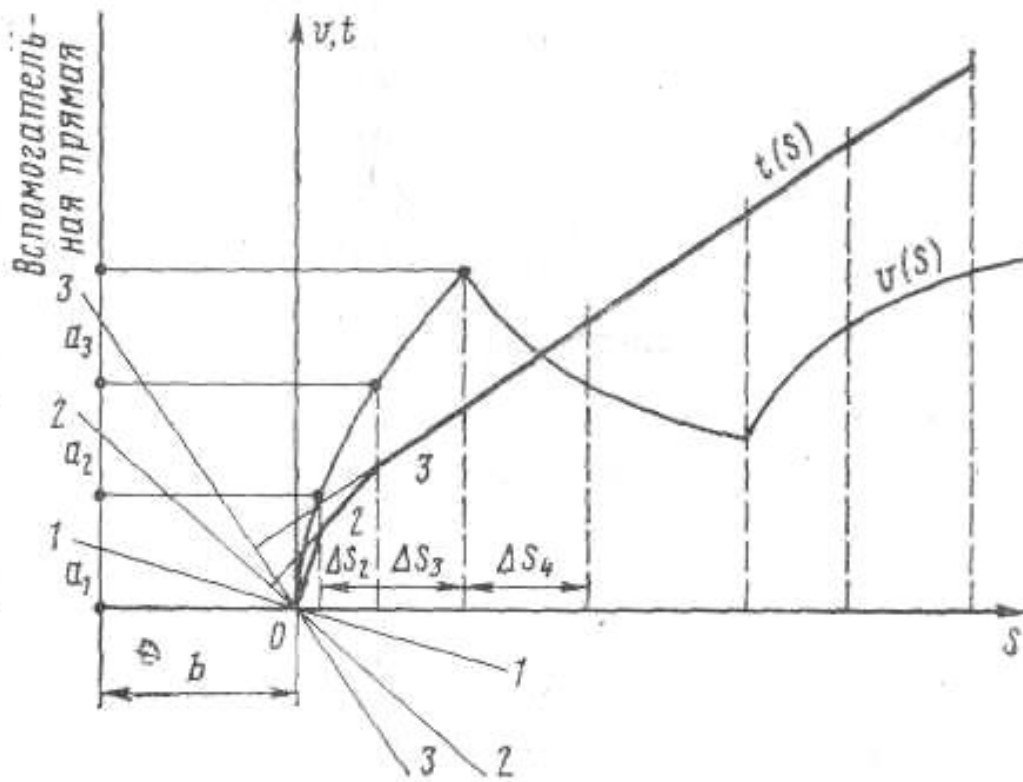


Рис. 5.3. Техніка побудови кривої часу за методом Лебедева

Бібліографічний список

1. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізниця колії 1520 мм. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 123 с.
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
3. Кантор И.И. Изыскание и проектирование железных дорог. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 288 с.
4. 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. – М.: Транспорт, 1979. – Т.1.– 319 с.
5. ЦП-0165. Правила визначення категорії мостів та труб за водопропускною здатністю/ Головне управління колійного господарства Укрзалізниця. – 2007. – 152 с.
6. ДБН В.2.3-14-2006. Мости та труби. Правила проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 217 с.
7. Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскание и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию: Учеб. пособие для учащихся техникумов. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
8. Волков Б.А. Экономическая эффективность инвестиций на железнодорожном транспорте в условиях рынка. – М.: Транспорт, 1996. – 191 с.

Предметний покажчик

автоблокування	49	діаграма	23
акведук	52	довжина вагона	14
алгебраїчна різниця	65	додатковий опір	
арифметична сума	66	руху	12, 18
		доходна ставка	75
бандаж	27	дюкер	52
бар'єрні місця	70		
басейн	55	еквівалентний	
безстикова колія	14	ухил	48
блокування напів-		експлуатаційні	
автоматичне	49	витрати	61, 72
		екстрене гальму-	
вантажонапружність	72	вання	28
вантажопідйомність	14	електровоз	13
вартість перевезень	84		
виїмка	41	інвестиції	74
відмітка землі	48	інвестиційний	
вільний хід	37, 45	проект	69
вісь	13	інтегральний	
водорозділ	37	ефект	71
водосховище	37	інтервал	15, 24
водоток	52	інфляція	72
водозбір	55	інформаційна база	70
		ітерації	52
гальмівний спуск	66		
гальмівні сили	24, 28	зупинка	64
геодезична лінія	36, 43		
гідрографічна сітка	37	камеральне трасу-	
горизонталь	36, 39	вання	60
графік	34	капітальні вкла-	
		дення	72
		карта	36

категорія вагону	14	ордината	30
кінетична енергія	13	орографічна сітка	37
колодки	27	основна площадка	62
конструкційна швидкість	15	основний опір	12
кордон	37	перегін	62
косогір	41	перешкода	37
крива	18	питомі сили	12
		пікет	38
ланкова колія	12	план лінії	38
ЛОГ	55	повітряна лінія	37
ЛОКОМОТИВ	12	повні сили	12
ЛОТОК	54	позатранспортний ефект	72
магістральний хід	38	порівняльний економічний ефект	73
маса бруто	14	прибуток	72
маса нетто	22	приймально-відправні колії	21
масштаб	38	профіль	32, 40
межа	48	радіус кривої	19, 44
мережа	22	режим гальмування	24, 27
міжколійя	63	режим тяги	13, 23
мости збірні	52	режим холостого ходу	13, 23
мости пальово-естакадні	52	резерв	46
мости стояково-естакадні	52	рівнодіюча сила	23
мостовий перехід	68	робоча відмітка	62
мости	52	роздільний пункт	20
напіввиїмка	68	розрахункова швидкість	15
напружений хід	36, 39	русло	55
насип	40		
номограма	55		
норма дисконту	72		

сигналізація дис-		труби прямокутні	52
петчерська	50	трудомісткість	61
сигналізація елек-		тунельне перети-	
трична	50	нання	68
сигналізація ручна	50	тяга електровозна	66
службове гальму-		тяга тепловозна	66
вання	28	тягові розрахунки	11
спроможність	65		
спуск	30	ухил	19
станція	40		
стереомодель	36	фіксована точка	46
стрілка	50	фільтруюча насип	52
схил	55		
		циліндр	30
тангенс	45		
тепловоз	12	чистий дискон-	
топографія	36	тований дохід	71
точка перетину	37		
траса	75	швидкість	11, 30
трасування	36	шкала	59
труби	52	шлях	30
труби круглі	52		
труби металеві	52		
труби овалоїдальні	52		

Додаток 3

Гідравлічні характеристики водопропускних труб

Таблиця Д.3.1

Труби одночкові

Тип труби	Отвір або діаметр, м	Тип оголовка	Витрати, м ³ /с		Мінімальна висота насіпу, 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	2,20	3,30	1,71
	1,25	нормальною вхідною ланкою	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.3.1

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

Таблиця Д.3.2

Труби двоочкові

Тип труби	Отвір або діаметр, м	Тип оголовка	Витрати, м/с ³		Мінімальна висота насипу, м
			Розрахункові	Максимальні	
1	2	3	4	5	6
Круглі залізо- бетонні 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 залізо- бетонні 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.3.2

1	2	3	4	5	6
Прямокутні бетонні труби з плоскими залізобетон- ними пере- криттями	2x2,00	3 нормальною вхідною ланкою	36	Встановлюється 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	3 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

Таблиця Д.3.3

Труби тричкові

Тип труби	Отвір або діаметр, м	Тип оголовка	Витрати, м/с ³		Мінімальна висота напіву, 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	6,6	9,9	1,71
	3x1,25	нормальною вхідною ланкою	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.3.3

1	2	3	4	5	6
Прямокутні бетонні труби з плоскими залізобетонними перекриттями	3x2,00	3 нормальною вхідною ланкою	54	Встановлюється 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	3 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

Додаток 4

Кілометровий обсяг земляних робіт по головній колії, тис. м³/км

Середня робоча відмітка, м	Ширина основної площадки земляного полотна, м									
	Насип					Виймка				
	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

Продовження табл. Д.4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
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, поданих у листі Міністерства регіонального будівництва України №9/ 11-1028 від 13.07.2009 р.

Таблиця Д.5.1

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
Залізо-бетонні 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 залізо-бетонні 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 залізо-бетонні 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.5.1

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.5.2

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

Продовження табл. Д.5.2

1	2	3	4	5	6	7	8
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.5.3

Вартість 1 м тунелю K_m , тис. грн

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

Таблиця Д.5.4

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

Конструкція колії	Тип рейки	Число шпал на 1 км, шт.	Одноколійна лінія		Двоколійна лінія	
			голова колія	станційна колія	голова 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.5.5

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

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

Таблиця Д.5.6

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

Число головних колій	Тепловозна тяга		Електрична тяга	
	Автоблокування	Диспетчерська централізація	Автоблокування	Диспетчерська централізація
Одна	689	730	743	752
Дві	886	930	927	938

Таблиця Д.5.7

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

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

Таблиця Д.5.8

Вартість будинків житло-цивільного призначення $K_{ж}$,
тис. грн/км

Число 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.5.9

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

Тип роздільного пункту	Число бокових колій	Тяга					
		Електрична, змінного струму		Електрична, постійного струму		Тепловозна	
		$L_{\text{по}}=850\text{м}$	$L_{\text{по}}=1050\text{м}$	$L_{\text{по}}=850\text{м}$	$L_{\text{по}}=1050\text{м}$	$L_{\text{по}}=850\text{м}$	$L_{\text{по}}=1050\text{м}$
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

Додаток 6

Таблиця Д.6.1

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

Продовження табл. Д.6.1

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

Продовження табл. Д.6.1

1	2	3	4	5	6
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
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

Додаток 7

Таблиця Д.7.1

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	
		$I_{до} = 850 \text{ м}$	$I_{до} = 1050 \text{ м}$	$I_{до} = 850 \text{ м}$	$I_{до} = 1050 \text{ м}$
Роз'їзд	2	$\frac{731}{424}$	$\frac{769}{462}$	$\frac{716}{409}$	$\frac{751}{443}$
	3	$\frac{872}{565}$	$\frac{928}{621}$	$\frac{849}{542}$	$\frac{901}{593}$
Обгінний пункт	2	$\frac{872}{565}$	$\frac{916}{615}$	$\frac{857}{549}$	$\frac{898}{596}$
	3	$\frac{993}{752}$	$\frac{1112}{827}$	$\frac{1021}{730}$	$\frac{1078}{799}$
Проміжна станція (одноколійна лінія)	4	$\frac{1919}{1698}$	$\frac{2187}{1966}$	$\frac{1787}{1566}$	$\frac{2027}{1805}$
	5	$\frac{2078}{1857}$	$\frac{2366}{2145}$	$\frac{1946}{1725}$	$\frac{2205}{1984}$
Проміжна станція (двоколійна лінія)	4	$\frac{2201}{-}$	$\frac{2489}{-}$	$\frac{2069}{-}$	$\frac{2328}{-}$
	5	$\frac{2360}{-}$	$\frac{2667}{-}$	$\frac{2230}{-}$	$\frac{2507}{-}$

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

Таблиця Д.7.2

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

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

Умовні позначення до розділу 2

Позначення	Розмірність	Пояснення
1	2	3
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 доводиться на вісь вагона
$q_{бр}(i)$	т	маса бруто вагона i -ї категорії
$q_{сп}(i)$	т	вантажопідйомність вагона i -ї категорії
β		коефіцієнт повновантажності вагона
α_i		питомий зміст 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 рушенні поїзда з місця на площадці
ω_r	Н/кН	додатковий опір руху поїзда в кривій
R	м	радіус кривої
α°	град	кут повороту кривої
l_n	м	довжина поїзда
ω_i	Н/кН	додатковий опір руху від ухилу
Q	т	маса состава

1	2	3
$F_{к(p)}$	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 за умови рушання з місця
i_{mp}	‰	приведений ухил, на якому розміщується роздільний пункт
$Q_{бp}$	т	маса состава брутто
Q_n	т	маса поїзда
l_c	м	довжина состава
n_i	шт.	число вагонів i -ї категорії
l_i	м	довжина вагона i -ї категорії
m_l	шт.	число локомотивів
l_l	м	довжина локомотива
l_{no}	м	довжина приймально-відправних колій
Q_n	т	маса нетто состава
η		відношення ваги нетто состава до ваги брутто состава
r_0	Н/кН	питомі рівнодіючі сили
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
ν_p		розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда
K_p	кН	розрахункова сила натискання на гальмівні осі поїзда
$K_{p.в(i)}$	кН	розрахункова сила натискання колодок на вісь кожного типу вагонів

1	2	3
m_i	шт.	число осей вагонів i -ї категорії
$K_{p.l}$	кН	розрахункова сила натискання колодок на вісь локомотива
$n_{m.o}$	шт.	число гальмівних осей локомотива
S_m	м	гальмовий шлях
S_n	м	шлях підготовки до гальмування
S_d	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

Умовні позначення до розділу 3

L	км	довжина геодезичної лінії
L_v	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
HKK	ПК+	початок кругової кривої
BY	ПК+	вершина кута
KKK	ПК+	кінець кругової кривої
Z_{min}	м	відстань від осі станції А до першої вершини кута повороту
l_{cm}	м	довжина станційної площадки

1	2	3
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	відстані між відмітками
h_p	м	робоча відмітка
H_3	м	відмітка землі
n_p	<u>пара поїзд</u> доба	пропускна спроможність залізниці
n_{gp}	<u>пара поїзд</u> доба	число пар вантажних поїздів
n_n	<u>пара поїзд</u> доба	число пар пасажирських поїздів
n_c	<u>пара поїзд</u> доба	число пар збірних поїздів
n_y	<u>пара поїзд</u> доба	число пар прискорених поїздів
ϵ_p		коефіцієнт зняття вантажних поїздів пасажирськими поїздами
ϵ_c		коефіцієнт зняття вантажних поїздів збірними поїздами
ϵ_y		коефіцієнт зняття вантажних поїздів прискореними поїздами

1	2	3
γ		коефіцієнт резерву пропускної спроможності
t_p	хв	час ходу поїзда, при якому влаштовується 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}	‰	наведений ухил елемента поздовжнього профілю
i_{ε}	‰	ухил розглянутого елемента
$i_{\varepsilon k}$	‰	еквівалентний ухил

Умовні позначення до розділу 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	обсяг земляних робіт
$a_{зр}$	грн	вартість 1 м ³ земляного полотна
Q_{np}	м ³	профільний обсяг земляного полотна головної колії

1	2	3
Q_{pn}	м^3	профільний обсяг земляного полотна в межах роздільного пункту
Q_n	м^3	обсяг масивів насипів
Q_v	м^3	обсяг масивів виїмок
n	шт.	число бокових колій роздільного пункту
h	м	робоча відмітка
l_{cm}	км	довжина станційної площадки
K_{mp}	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
$k_{всп}$	тис. грн	вартість 1 км верхньої будови колії
l	км	довжина перегону
K_{nt}	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_{pn}	тис. грн	вартість одного роздільного пункту
n_{pn}	шт.	число роздільних пунктів
C	тис. грн	експлуатаційні витрати
$C_{дв}$	тис. грн	витрати з пересування поїздів
$C_{ост}$	тис. грн	витрати з зупинок поїздів
$C_{пу}$	тис. грн	витрати з утримання постійних пристроїв
η		коефіцієнт переходу від маси бруто до маси нетто
Q_{nc}	т	маса пасажирського поїзда

1	2	3
$N_{GP(T)}$	<u>пара поїзд</u> доба	число вантажних поїздів у напрямку «туди»
$N_{GP(O)}$	<u>пара поїзд</u> доба	число вантажних поїздів у напрямку «назад»
G_m	<u>млн т</u> р.	потрібна провізна спроможність «туди»
G_o	<u>млн т</u> р.	потрібна провізна спроможність «назад»
Q	т	маса состава
n_{nc}	<u>пара поїзд</u> доба	число пасажирських поїздів у добу
μ		коефіцієнт приведення пасажирських поїздів до вантажних
C_{dv}	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 від гранично нешкідливий ухил
$\Sigma\alpha_c$	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
$C_{пу}$	тис. грн	витрати з утримання постійних пристроїв

1	2	3
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
n_i	шт.	число роздільних пунктів і-го типу
$E_{инт}$	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 вантажнапруженість нетто у вантажному напрямку на 10-й рік експлуатації
l	км	довжина траси
γ		коефіцієнт нерівномірності вантажних перевезень
E		норма дисконту
∂	грн/т км	дохідна ставка
K	млрд грн	капіталовкладення
Z_{10}	млрд грн	експлуатаційні витрати на 10-й рік експлуатації
$E_{нз}$	млрд грн	позатранспортний ефект
k		коефіцієнт приведення 1 км залізниці до 1 км автомобільної дороги
C_A	грн/т км	вартість перевезення 1 т вантажу автомобільним транспортом на 1 км шляху
$C_{ЖД}$	грн/т км	вартість перевезення 1 т вантажу залізничним транспортом на 1 км шляху

Умовні позначення до розділу 5

1	2	3
i_c	‰	ухил ділянки, що випрямляється
i_i	‰	ухил i -го елемента
l_i	км	довжина i -го елемента
i_{np}	‰	наведений ухил
ω_r	Н/кН	додатковий опір від кривої

Загальна характеристика локомотивів

Серія локомотива	Число секцій	Число гальмівних осей	Маса Р, т	Довжина l, м	Розрахункова швидкість V_p , км/год	Конструкційна швидкість V_k , км/год	Розрахункова сила тяги F_k , Н	Сила тяги при русанні з місця $F_{k(тр)}$, Н
ВЛ-8	2	8	184	28	43,3	80	465000	607000
ВЛ-10	2	8	184	33	46,7	100	451260	614110
ВЛ-10 ^В	2	8	200	33	45,8	100	502000	680000
ВЛ-60	2	6	138	21	43,5	100	368000	496800
ВЛ-80 ^{до}	2	8	184	33	44,2	110	480690	649422
ВЛ-80 ^с	2	8	190	33	43,5	110	502270	649422
ВЛ-82	2	8	190	33	51	110	464990	640593
2ТЄ-10	2	12	276	34	23,4	100	496390	797550
2ТЄ-116	2	12	276	36	24,2	100	496390	797550
2М-62	2	12	240	36	20	100	400000	714000

